Lane Medical Library

Ueber

Einwirkung der Anästhetica auf das Protoplasma

und dessen

biologisch-physiologischen Eigenschaften.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

kgl. bayr. Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt

von

Carl Kauffmann

aus Soldin i. d. Neumark.

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Juni 1899.

Erlangen 1899.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

Gedruckt mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät zu Erlangen.

Referent: Herr Professor Dr. M. Reess.
Dekan: Herr Professor Dr. M. Rees.

Seinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Einleitung.

Unendlich gross ist die Zahl und mannigfach die Gestalt der Einzelformen des gesamten Organismus, die auf unserem Planeten im Kampf ums Dasein ihre Existenz behaupten. Denken wir nur an die bedeutenden Abstufungen in Grösse und Aussehen von der mächtigen Eiche bis herab zum mikroskopisch kleinen Pflänzchen, vergegenwärtigen wir uns die unzählbar verschiedenen Bildungen des animalen Reiches, von dessen höchster Erscheinungsform dem Menschen, bis herab zu den makroskopisch nicht mehr wahrnehmbaren Wassertierchen, den Infusorien, dann wird uns der gewaltige Formenreichtum der uns umgebenden organischen Welt so recht vor Augen treten.

Und doch, so grundverschieden die einzelnen Pflanzen und Tiere uns einander dünken, das Mikroskop lehrt uns, dass jede Einzelform in dieser Welt von Mannigfaltigkeit wesentlich nichts anderes sei, als eine Zusammenhäufung von mikroskopisch kleinen Gebilden, alle von einer und derselben Grundform.

Die Individuen der untersten Stufe der Pflanzen- und Tierwelt bestehen aus einer einzigen Zelle, welche alle Lebensfunktionen in sich vereinigt. Die höher organisierten Wesen entstehen durch Vereinigung zahlloser Zellen zu einem individuellen Ganzen, aber auch bei diesen können wir eine unverkennbare Sonderexistenz der einzelnen Zelle konstatieren.

„Das Gesamtleben, die Gesamtthätigkeit des grossen Organismus jedoch ist das Resultat des Einzellebens, der Einzelthätigkeit aller ihn zusammensetzenden Zellen.“[1]) Der wesentliche Inhalt dieser Zellen nun besteht aus einer Masse von gallertähnlicher, schleimiger Beschaffenheit, die H. v. Mohl „Protoplasma“ genannt hat. Das aus dem Griechischen stammende Wort, von *πρῶτος*: der Erste, und *πλάσσω*: ich bilde, forme, bedeutet also soviel wie erste, ursprüngliche Bildungsmaterial und das Protoplasma ist auch thatsächlich als der lebendige Theil, als der eigentliche Träger des Lebens aufzufassen. Lange Zeit noch, als man schon nach Erfindung des Mikroskops die Wunder der Natur zu entschleiern begann, kannte man nicht die ausserordentliche Bedeutung dieser Substanz. Man beobachtete wohl das Aussehen und Gruppierung von Zellen, Röhrchen und Fasern, sah diese Theile sich vergrössern und vermehren, worauf jedoch dieses Wachstum und diese Vermehrung zurückzuführen, welches der eigentliche Träger des Lebens bei der Pflanze war, blieb lange unaufgeklärt Erst die Untersuchungen Unger's im Jahre 1826, welcher die Entwickelung der Schwärmsporen aus den schlauchförmigen Zellen einer Alge, Vaucheria clavata beobachtete, trugen dazu bei, die Forschungen nach der „vorzugsweise lebenden Substanz“ in die richtigen Bahnen zu lenken. Unger stellte durch seine Beobachtungen fest, dass es Pflanzen giebt, die in einer gewissen Stufe ihres Entwickelungsganges als kleine Schleimkügelchen mit wimperartigen Fortsetzungen sich im Wasser bewegten, und welche ganz den Eindruck von Infusorien hervorriefen. Fast gleichzeitig damit ging die Entdeckung, dass ein Teil des gallertartigen Inhalts der Pflanzenzellen der Innenwand der einzelnen Kammern wie eine Tapete anliegt, so dass man in einem gewissen Entwickelungsstadium die Wand aus einer äusseren festen und einer dicht

1) Ranke, Der Mensch, S. 56.

anliegenden inneren weichen Schicht zusammengesetzt fand, welch' letztere man Primordialschlauch genannt hatte. Bei den weiteren Beobachtungen fand man dann, dass dieser sogen. Primordialschlauch nur ein Theil einer gleichartigen schleimigen Masse ist, die in einem gewissen Stadium die ganze Zelle anfüllt, sich später aber in den vorher erwähnten tapetenartigen Belag und in Stränge und Bänder sondert, die das Zelleninnere durchziehen. Diese letzteren Entdeckungen haben wir H. v. Mohl zu danken, der dieser zähflüssigen schleimigen Masse den auch heute noch von der Wissenschaft beibehaltenen Namen „Protoplasma" verliehen hat. Welche wichtige Bedeutung dem Protoplasma als eigentlichen Träger und Erhalter des gesamten organischen Lebens beizumessen ist, führt Angelo Andres in seiner Abhandlung: „Die Deutung des Todes bei einigen niedrigen Organismen"[1]) in Folgendem aus; Andres sagt:

„ . . . dass die lebende Materie nicht in sich selbst den Grund des Sterbens enthält, ist durch die Thatsache erwiesen, dass die Reihe der Lebewesen, nachdem sie zuerst auf der Erde erschienen waren, niemals erloschen oder unterbrochen worden ist, sondern sich immer kräftiger gestaltet hat; ferner durch die Thatsache, dass alle Generationen der Reihe in direktem, materiellem, plasmatischen Zusammenhange miteinander stehen, indem das Ei, welches einem Individuum der neuen Generation den Ursprung giebt nichts anderes als ein Plasmaklümpchen ist, das sich von dem Plasma eines Induviduums der früheren Generation losgelöst hat, so dass die Gesamtheit aller vergangenen, gegenwärtigen und künftigen Lebewesen nichts anderes ist, als eine einzige Plasmamasse, die sich wohl in gesonderten, verschiedenen und zahlreichen Individuen darstellt, aber stets eine einzige und kontinuierliche ist. In dieser Weise

---

1) Reale Instituto Lombardo, Rendiconti 1898. Ser. II, Vol. XXXI. p. 883 (Naturw. Rundschau 1898, No. 42).

aufgefasst ist die lebende Materie oder das Plasma vom kosmisch-tellurischen Gesichtspunkte aus eine einfache Modalität der Erdkruste, eine geologische Schicht, wie z. B. die Gneisse, sie ist eine chemische Verbindung, vergleichbar dem Quarzit, dem Feldspath, dem Thon, dem Travertin u. s. w. und daher ist sie wie diese Mineralschichten unvergänglich, denn sie hat wie diese ihre Daseinsberechtigung in dem allgemeinen Prozess der Erde, unvergänglich natürlich, solange die gegenwärtigen tellurischen Verhältnisse dauern."

Ist das Protoplasma die eigentliche materielle Grundlage des Lebens, so ist es als solches auch der Hauptangriffspunkt und Fortleitungsweg aller von aussen her einwirkenden chemischen, mechanischen und atmosphärischen Einflüsse.

„Die Pflanzen" — sagt Reess [1]) — reagieren mit der ererbten Organisation ihres Protoplasmaleibes auf die aus der Umgebung kommenden äusseren Einflüsse. Als solche sind Licht, Elektrizität, Wärme, Schwerkraft, Wasser, Sauerstoff, endlich die Gesamtheit der Pflanzennähr- und sonstigen chemischen Reizstoffe." Von diesen letzteren sind es unter anderen die Anästhetica, die je nach ihrer Art und der Weise ihrer Anwendung eine mehr oder minder grosse Wirkung auf das Protoplasma als solches, als auch auf die physiologisch-biologischen Funktionen desselben hervorrufen. Wenn man bei den Pflanzen von einer Wirkung der Anästhetika auch nicht völlig in dem Sinne reden kann, wie sich dieselbe z. B. auf den menschlichen Organismus zu erkennen giebt, so vermögen dieselben doch einen manchmal anregenden Einfluss, in den weitaus meisten Fällen indess eine Erschlaffung, Lähmung, oft sogar Tötung des Protoplasmas auszuüben. Bekannt sind die Versuche mit der durch ihre Reizbarkeit ausgezeichneten tropischen Leguminose Mimosa pudica, deren Fiederblättchen bei der

1) Reess, Lehrbuch der Botanik P. 102.

geringsten Berührung zusammenklappen und deren Blattstiele sich scharf nach unten senken. Wird eine solche Pflanze eine Zeit lang in einen mit Chloroformdämpfen erfüllten Raum gebracht, so gerät sie alsbald in einen Starr-Zustand und gewinnt ihre frühere Reizbarkeit erst nach einiger Zeit wieder.

In neuerer Zeit sind nun verschiedentlich Versuche auf diesem Gebiete angestellt worden.

So beobachteten J. B. Farmer und Waller[1]) die Wirkungen des Aethers, Chloroforms und der Kohlensäure auf die Protoplasmaströmung bei Elodea canadensis und verglichen diese Wirkungen mit denen, die auf einem Hüftnerven von Rana temporaria hervorgerufen wurden. — Dr. C. O. Townsend[2]) stellte Versuche über die Beeinflussung der Keimung von Samen und Sporen durch Aetherdämpfe in luftdichten Gaskammern an, wobei er teils eine Beschleunigung, teils eine Verzögerung konstatierte.

Von E. C. Teodorescu und H. Coupin[3]) wurden Beobachtungen über den „Einfluss der Anästhetica auf die Chlorophyllbildung" angestellt, wobei sie zu dem Resultate gelangten, dass in geeigneter Menge angewendet, dieselbe vollständig verhindert werden kann, bei geringeren Mengen eine Hemmung der Chlorophyllbildung stattfindet.

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich zunächst um Beobachtungen über die Einwirkung der Anästhetica auf strömendes Protoplasma, bei welchen Versuchen dieselben sowohl rein in Dampfform, als auch in verschiedener Dosirung mit Luft gemischt in Anwendung gelangten. Als Anästhesirungsmittel hierbei dienten mir einerseits die

---

1) Proceedings of the Royal Sociey 1898, Vol LXIII, p. 213.

2) Science N. S. Vol. VIII. Nos. 202 aus „Botany at the anniversary meeting of the american association for the advancement of science".

3) Comptes rendus 1898, T. CXXVII, p. 884.

allgemeinen Anästhetica wie Aether, Bromäther und Chloroform, ferner Kohlensäure und Stickoxydulgas, anderseits die sogenannten lokalen Anästhetica, Morfium, Cocain und Eucain, welche letztere naturgemäss in Lösung zur Verwendung kamen.

Als Versuchsobjekte bei diesen Beobachtungen benutzte ich vor Allem die die Plasmaströmung vorzüglich zeigende, zur Familie der Hydrocharitaceen gehörige Vallisneria spiralis und die gleichfalls hierzu günstige; bei uns sehr verbreitete Wasserpest, Elodea canadensis.

Als thierisches Protoplasma boten mir die im stehenden Süsswasser in grosser Menge vorkommenden Infusorien wie die Gattungen Trinema, Pleuroticha, Glaucoma unter anderen ein geeignetes Unsersuchungsmaterial.

Der weitere Teil meiner Arbeit behandelt die Einflüsse auf physiologische Funktionen des Plasmas, wie Keimung von Samen und Sporen, Wachstum und Chlorophyllbildung und bringt die hierbei gemachten Beobachtungen in Form vergleichender Versuche zur Darstellung Bei der Ausführung meiner Versuche, die sich zum Teil den oben erwähnten Arbeiten von Farmer und Waller, C. O. Townsend und Teodorescu und Coupin anschliessen, bin ich den von diesen eigeschlagenen Methoden in den wichtigsten Punkten gefolgt und werde ich im experimentellen Teile dieses noch des Näheren darauf eingehen.

Hier an dieser Stelle möchte ich es nicht unterlassen, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Reess für die gütige Anregung zu dieser Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Experimenteller Teil.

Einwirkung der Anästetica auf die Plasmaströmung bei Vallisneria spiralis.

Das pulsierende Leben des Protoplasmakörpers, des lebendigen Elementarorganismus der Zelle und damit auch der Pflanze wird an gewissen Präparaten durch directe mikroskopische Beobachtung unmittelbar anschaulich. So sind es unter anderen die Staubfäden-Haare von Tradescantia virginica, sowie die Wurzelhaare von Hydrocharis morsus ranae, an denen man sehr schön eine Bewegung des Plasmas wahrnehmen kann; noch besser beobachtet man dieselbe an Präparaten angefertigt aus Blättern von Chara fragilis, Elodea canadensis oder Vallisneria spiralis, weil die in der farblosen Plasmamasse schwimmenden grünen Chlorophyllkörner die Strömung deutlicher hervortreten lassen. Die in nachstehenden Versuchen wahrgenommenen Beobachtungen über die Einwirkung der einzelnen Anästhetica wurden sämtlich bei der zuletzt genannten Pflanze gemacht. Die Beobachtungen wurden in der Weise angestellt, dass über das in einer sogenannten Gaskammer enthaltene Präparat, welches unter dem Mikroskop genau eingestellt ist, die betreffenden Gase, sei es nun in reinem oder in mit Luft gemischtem Zustande, mittels eines Aspirators in konstantem gleichmässigem Strome herübergeleitet wurden. Die hierbei von mir in Anwendung gebrachte Gaskammer

war eine der Stricker'schen ähnliche; dieselbe besteht im Wesentlichen aus einem gewöhnlichem Objektträger, in dessen Mitte ein ca. 1,5 mm hoher, oben glattgeschliffener Glasreif luftdicht aufgekittet ist. Der Durchmesser desselben beträgt etwa 8 mm, so dass der Hohlraum mittels eines gewöhnlichen Deckgläschens bequem verschlossen werden kann. In den Glasreif münden zwei den Längseiten des Objektträgers parallel laufende, bis über den Rand des letzteren hinausstehende dünne Glasröhrchen, von denen die eine mit dem das entsprechende Anästheticum haltenden Gefässe in Verbindung steht, während die andere die Ableitung besorgt, so dass das in der Kammer eingeschlossene Material in einem beständigem Gasstrome erhalten werden kann. Die zu untersuchenden Präparate wurden in möglichst dünnen Schnitten der Blattoberfläche von Vallisneria spiralis entnommen und in feuchtem Zustande auf das Deckgläschen gelegt, mit welchem nach sorgfältigem Bestreichen des Randes mit Paraffin die Gaskammer bedeckt wurde. Um ein Austrocknen des Präparates möglichst zu vermeiden, müssen die vertikalen Wände der Kammer mit feucht zu haltendem Fliesspapier ausgelegt werden. Ist alles in dieser Weise vorgerichtet und die Kammer einerseits mit dem Anästhetikum, andererseits dem Aspirator in Verbindung gebracht, so erfolgt die Einstellung des Präparates zur mikroskopischen Beobachtung. Ich wählte hierzu stets solche Zellen, in denen die Chlorophyllkörner in lückenloser, perlschnurartiger, Aufeinanderfolge vom Protoplasma mitgeführt wurden und letzteres auch bei längerer Beobachtung eine stets gleich bleibende Geschwindigkeit in der Strömung zeigte. Ich habe bei den zur Untersuchung kommenden Schnitten wiederholt festgestellt, dass viele Zellen in Folge mechanischen Reizes bei Herstellung des Präparates eine bedeutende Stromgeschwindigkeit des rotirenden Plasmas zeigten, die sich jedoch schon nach kurzer Zeit verringerte. Derartige Zellen müssen zur Vermeidung unrichtiger Resul-

tate naturgemäss sorgfältigst vermieden werden. Bei den von mir gemachten nachstehendenden Versuchen habe ich folgenden Modus beobachtet. Als Massstab bei Beurteilung der Strömungsgeschwindigkeit diente mir die Zahl der Chlorophyllkörner, die in einer Minute das Fadenkreuz im Objektiv des Mikroskops oder auch einen bestimmten Punkt in der Zelle, z. B. eine Biegung, passierten. Nach Feststellung der durchschnittlichen Geschwindigkeit leitete ich den Gasstrom ein und zwar so lange, bis völliger Stillstand in der Rotation eingetreten war, sorgfältig dabei beobachtend, in welcher Weise von Minute zu Minute die Verzögerung stattgefunden hatte. Sofort nach Eintritt des Ruhezustandes wurde der Gasstrom abgestellt und so lange ein Luftstrom hindurchgeleitet, bis die Plasmamasse allmählich anfing sich zu bewegen. Die Beobachtung geschah so lange, bis die Anfangsgeschwindigkeit wieder erreicht war, oder für den Fall, dass diese überschritten wurde, bis die Beschleunigung sich wiederum vermindert hatte. Dauerte die Ruhepause längere Zeit wie fünf Minuten, so wurde der Luftstrom nicht weiter hindurchgeleitet, sondern einfach das Objekt bis zur völligen Erholung des Protoplasmas in der Gaskammer belassen. Die zunächst in Anwendung gebrachten Anästhetica Aether, Bromäther und Chloroform liess ich in drei verschiedenen Verdünnungsgraden auf die Präparate einwirken und zwar

A. $^1/_5$ Anästheticum und $^4/_5$ Luft,

B. $^1/_3$ „ „ $^2/_3$ „

C. Fast völlig reines Anästheticum mit nur geringen Mengen atmosphärischer Luft. Bei den weiteren Versuchen mit Kohlensäure und Stickoxydul (N_2O) brachte ich hingegen diese Gase unverdünnt in Anwendung. Bei der graphischen Darstellung der erhaltenen Resultate bedeuten die Zahlen linksseitlich der Curve die in einer Minute einen bestimmten Punkt passierenden Chlorophyllkörner, die oberhalb befindlichen Zahlen geben die Zeit in

Minuten an. Die vertikalen Schraffierungen veranschaulichen die Dauer der Einwirkung des Gasstromes, während die horizontalen Schraffierungen den hindurchgeleiteten Luftstrom andeuten.

I. Aether. (s. Tab. I).
($^1/_5 + {}^4/_5$)

A. Die Anfangsgeschwindigkeit des fliessenden Protoplasmas betrug 55 Chlorophyllkörner pro Minute; es trat völliger Stillstand in der Rotation ein, und zwar unter allmählicher Abnahme der Geschwindigkeit, nachdem der Aetherdampf 5 Minuten lang eingewirkt hatte. Bei sofortigem Einleiten eines Luftstromes erholte sich das Plasma schon nach 2 Minuten, wobei ich zunächst eine schleppende, ruckweise Bewegung der einzelnen Chlorophyllkörner beobachtete. In der ersten Minute seit Wiedereintritt der Bewegung floss das Plasma mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 Chlorophyllkörnern pro M., jedoch bald erfuhr dasselbe eine bedeutende Beschleunigung, so dass die anfängliche Stromgeschwindigkeit nach weiteren 1,5 Minuten erreicht und darauf sogar überschritten wurde. Das Plasma floss während ca. 3 Minuten mit etwa 70 Chlorophk. p. M. um jedoch bald wieder auf die Anfangsgeschwindigkeit zurückzukehren.

B. $^1/_3 + {}^2/_3$. Die Geschwindigkeit des rotirenden Plasmas betrug 50 Chlrpk. p. M. und erfolgte der Stillstand nach 3 Minuten langem Einwirken des Anästheticums. In der ersten Hälfte dieser Zeit war die Verzögerung eine weit grössere wie in der letzten, während welcher sich das Plasma immer noch mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 10 Chlrphk. p M. bewegte. Ein 4 Minuten dauernder Luftstrom bewirkte Erholung des Plasmas, dessen Bewegung auch hier erst langsam begann, sich nach und nach vergrösserte, nach drei Minuten das anfängliche Tempo

erreichte, und auch hier wiederum für etwa 3 Minuten dasselbe übertraf. Die über die Anfangsgeschwindigkeit hinausgehende Beschleunigung war jedoch geringer wie im ersten Versuche und hielt ebenfalls nur kurze Zeit an, um bald wieder auf das normale Mass herabzusinken.

C. Reiner Aetherdampf.

Das sich mit 48 Chlrphk. p. M. bewegende Protoplasma erlitt nach 30 Sekunden langem Hindurchleiten des Aetherdampfes völlige Sistirung. Ein sofort und zwar fünf Minuten lang hindurchgezogener Luftstrom vermochte zunächst noch keine Erholung im Plasma wachzurufen; nachdem jedoch das Präparat noch eine Minute lang ruhig in der Kammer belassen wurde, zeigten sich die ersten Bewegungserscheinungen der Chlorophyllkörner. Die Anfangsgeschwindigkeit wurde nach $4^1/_2$ Minute erreicht, während welcher Zeit eine ziemlich gleichmässig bleibende Beschleunigung beobachtet wurde. Ein Ueberschreiten der anfänglichen Geschwindigkeit fand hier indessen nicht statt.

Vergleichen wir die graphische Darstellung dieser drei Versuche mit einander, so finden wir, dass dem stärkeren Konzentrationsgrade des Anästheticums ein rapideres Sinken der Kurve und um so längeres Verweilen derselben auf o entspricht.

Das Aufsteigen der Kurve steht hingegen im umgekehrten Verhältniss zum Konzentrationsgrade; je geringer derselbe ist, um so steiler ist das Aufsteigen der Linie, je grösser, um so allmählicher die Steigung bis zur Erreichung der ursprünglichen Höhe.

II. Bromäther (s. Tab. II.)

A. ($^1/_5 + {}^4/_5$)

Das Protoplasma hatte eine durchschnittliche Anfangsgeschwindigkeit von 52 Chlrphk. p. M. und bedurfte es

eines Gasstromes von 3 Minuten Dauer, um Stillstand in der Rotation eintreten zu lassen. Auch hier fällt die Hauptabnahme der Geschwindigkeit in die erste Hälfte der zum Eintritt des Ruhezustandes erforderlichen Zeit, während das Plasma in der letzten Hälfte nur noch ganz geringe Strömung zeigte. Ein Lufstrom von nur einer Minute Dauer brachte das Plasma wieder in Fluss und erreichte dasselbe unter successive steigender Beschleunigung nach 4 Minuten die ursprüngliche Schnelligkeit, die auch hier wie bei den Versuchen I A und B für kürzere Zeit um ein Geringes übertroffen wurde und bald wieder auf das normale Mass zurückging.

B. $(^1/_3 + ^2/_3)$.

Das Plasma zeigte eine Geschwindigkeit von 50 Chlrphk. p. M. und trat Ruhezustand ein, nachdem das Anästheticum 1,5 Minuten lang eingewirkt hatte. Auch hier war die Verzögerung in der ersten Minute energischer wie in der letzten halben. Ein Luftstrom, zwei Minuten lang durchgeleitet, veranlasste wieder Eintritt der Plasmaströmung, welche, erst langsam und schleppend, von Minute zu Minute gleichmässig wachsend, nach Verlauf von 6 Minuten die anfängliche Stromgeschwindigkeit wieder annahm.

C. Reiner Bromätherdampf.

Bei Beginn des Versuchs floss das Protoplasma mit einer Schnelligkeit von 50 Chlrphk. p. M., die beim Einleiten des Bromätherdampfes innerhalb $^1/_2$ Minute sistiert wurde. Ein fünf Minuten lang über das Präparat geführter Luftstrom vermochte keine Bewegung im Protoplasma hervorzurufen, sondern erst nach Verlauf weiterer fünf Minuten zeigten sich Spuren der Erholung in demselben. Die anfänglich ruckweise Bewegung der Chlorophyllkörner nahm nach und nach eine langsam fortschreitende, gleichmässige Bewegung an, wurde dann allmählich beschleunigt und nach etwa 5 Minuten seit dem ersten Anzeichen der Erholung

zeigte das Protoplasma dieselbe Geschwindigkeit wie zu Anfang dieses Versuchs.

Unterziehen wir auch hier die graphischen Darstellungen dieser Versuche in Tab. II untereinander einem vergleiche, so finden wir analoge Verhältnisse wie in Tab. I. Ein Hinausgehen der Kurve über die normale Höhe haben wir hier nur in A. Vergleichen wir Tab. I mit II, so finden wir, in letzterer bei A und B ein steileres Abfallen der Kurve, in C jedoch darin Uebereinstimmung.

Es schliesst sich daran bei A und B ein Verhältnissmässig nur kurzes Verweilen der Kurve auf O, während hingegen das Ansteigen der Linien in allen drei Fällen ein sanfteres ist wie in I.

III. Chloroform (s. Tab. III).

Das Chloroform ist für die Plasmaströmung von bedeutend energischerer Wirkung als wie Aether und Bromäther. Schon in einer Verdünnung mit Luft im Verhältnis 1:5 (s. Tab. III, A) wurde die Bewegung des mit 50 Chlrphk. p. M. fliessenden Protoplasmas innerhalb 30 Sekunden aufgehoben. Nachdem ein Luftstrom 5 Minuten lang über das Präparat geleitet worden war, begann ein zunächst langsames, sich nach und nach beschleunigendes Rotieren der Plasmamasse, bis nach weiteren sechs Minuten die Normalgeschwindigkeit wieder angenommen war.

Bei den im Verhältnis 1 + 2 gemischten, wie auch in fast völlig reinem Chloroformdampf fand der Stillstand in der Bewegung des Protoplasmas momentan statt. Wir haben hier nur einen Unterschied in der Dauer des Ruhezustandes zu verzeichnen; derselbe währte in III B fünfzehn, in III C zweiundzwanzig Minuten, dagegen war ebenso wie in III A die Anfangsgeschwindigkeit innerhalb sechs Minuten vom Punkte der beginnenden Erholung an gerechnet wieder erreicht.

Die Tab III hat den Tab. I und II gegenüber nicht unbedeutende Unterschiede aufzuweisen. Vor Allem springt das steile, in den beiden Versuchen B und C sogar senkrechte Abfallen der Kurve deutlich in die Augen; darauf folgt das verhältnissmässig lange Verweilen derselben auf O und schliesslich wieder sanftes Aufsteigen bis zum Anfangsniveau. Das letztere Verhalten haben wir auch bei einigen der vorher erwähnten Versuche beobachten können, während das steile Abfallen der Linie, also in übertragener Bedeutung ein fast sofortiges Aufhöhren der Rotation mit daranschliessender längerer Ruhepause, schon bei Einwirkung der schwächsten Dosierung für Chloroform geradezu typisch ist.

IV. Kohlensäure (s. Tab. IV).

Während ich zu den oben besprochenen Versuchen die Anästhetica in verschiedener Abstufung mit Luft gemischt in Anwendung brachte, benutzte ich bei meinen Beobachtungen, die ich bei Kohlensäure und später Stickoxydal anstellte, der verhältnismässig schwächeren Wirkung dieser Gase wegen dieselben nur in reinem unverdünntem Zustande. Bei einem sich mit 62 Chlrphk. p. M. bewegenden Protoplasma beobachtete ich nach Einleiten eines im Kipp'schen Apparate aus Marmor und Salzsäure entwickelten Kohlensäurestroms ein Aufhören der Rotation nach Verlauf einer Minute, während welcher Zeit die Geschwindigkeit gleichmässig abgenommen hatte. Ein Luftstrom brachte die Plasmamasse nach einer Ruhepause von $2^1/_2$ Minuten wieder in Fluss und betrug die Geschwindigkeit des rotierenden Plasmas schon nach weiteren $2^1/_2$ Minuten 74 Chlrpk. p. M. Diese über das normale Mass bedeutend hinausgehende Beschleunigung dauerte nur kurze Zeit und ging bald wieder auf 60 Chlrphk. p. M. zurück.

Farmer und Waller (Proceedings of the Royal Society 1898, Vol. LXIII pag. 213) beobachteten bei ihren

Versuchen, die sie bei Elodea canadensis anstellten, dass beim Durchleiten eines Kohlensäurestromes zunächst eine kleine Beschleunigung eintrat, der dann eine baldige Sistierung folgte. Ich habe bei Vallisneria spiralis trotz mehrfacher Versuche eine derartige Förderung nicht finden können, dagegen stimmen meine Beobachtungen hinsichtlich der Ruhepause und der darauf für kurze Zeit eintretenden Beschleunigung in der Rotation mit denen Farmer und Wallers überein.

Mit den bisher besprochenen Versuchen über die Wirkung der allgemeinen Anästhetica verglichen, zeigt die Kohlensäure ein eigenartiges Verhalten. Während sonst einem baldigen Stillstande des rotirenden Plasmas eine längere Ruhepause und dann langsame Erholung folgte, sehen wir in vorliegendem Falle Eintritt der Sistirung, Ruhepause und völlige Erholung nur in kurzen Zwischenräumen von einander getrennt liegen. Die Kurve der Kohlensäure — Tab. IV. — bietet uns gleichsam ein combiniertes Bild zwischen der Chloroform-Curve einerseits, hinsichtlich des steilen Abfallens der Linie (Tab. III A), und der Aether-Kurve andererseits (Tab. I A) mit Rücksicht auf das kurze Verweilen derselben auf o und schnelle Ansteigen bis über die Anfangsgeschwindigkeit hinaus.

Die Kohlensäure besitzt demnach trotz ihres sich schnell bemerkbar machenden, hindernden Einflusses auf die Plasmabewegung doch nur eine geringe Nachwirkung auf dieselbe, was auch schon daraus hervorgeht, dass ein Präparat, über welches ein CO_2-Strom und Luftstrom in abwechselnder Folge geleitet wurden, stets die obigen Resultate ergab, ohne dass ein Zeichen von Erschlaffung beobachtet werden konnte, während hingegen bei Aether schon nach wenigen Versuchen, die an demselben Präparate vorgenommen wurden, sich eine Ermüdung der Plasmamasse deutlich zu erkennen gab.

V. Stickoxydulgas (N_2O) (Tab. V.)

Das hierzu nötige Gas entwickelte ich durch Erhitzen von Ammoniumnitrat in einem Glaskolben. Das sich nach der Formel:

$NH_4NO_3 = N_2O + 2\,H_2O$ bildende Gas leitete ich zur Entfernung etwa dabei sich bildenden Stickoxydgases oder Stickstoffdioxyds durch eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul ($FeSO_4$) und ferner durch Kalilauge.

Das in Beobachtung genommene Präparat zeigte eine Geschwindigkeit von 60 Chlrphk. p. M. und es bedurfte eines drei Minuten lang eingeleiteten N_2O-Stromes, um ein Aufhören der Plasmaströmung herbeizuführen. Auch hier war, wie bei den meisten anderen Versuchen, die Abnahme der Geschwindigkeit in der ersten Hälfte grösser als gegen Schluss. Zum Wiedereintritte der Rotation war ein Luftstrom von drei Minuten erforderlich und nach Verlauf weiterer 3 Minuten hatte das Protoplasma unter ziemlich gleichmässiger Zunahme der Beschleunigung die ursprüngliche Schnelligkeit wieder angenommen.

Die graphische Darstellung dieses Versuchs (Tab. V) zeigt ziemlich symmetrische Verhältnisse. Die abfallende wie aufsteigende Linie bilden mit den gemeinsamen Horizontalen fast gleiche Winkel. Wir sehen demnach Erschöpfungsdauer, Ruhepause und Erholungsdauer gleiche Zeiträume umfassen. Ein diesem ziemlich ähnliches Bild liefert uns Tab. I B, nur beobachten wir bei dieser noch ein Steigen der Kurve über die Anfangsgeschwindigkeit hinaus.

Fassen wir die bei Aether, Bromäther und Chloroform gewonnenen Resultate noch einmal kurz vergleichend zusammen, so finden wir, dass bei Anwendung dieser Anästetica in unverdünntem Zustande hinsichtlich der Dauer bis zum Eintritt der Ruhe kein allzu grosser Unterschied besteht. Bei Chloroform tritt die sistierende Wirkung momentan ein, bei Aether und Bromäther nach 30 Sekunden. In

mit Luft gemischtem Zustande hingegen finden sich bedeutende Abweichung. So tritt in den Fällen A Ruhezustand ein bei

Chloroform nach $^1/_2$ Minuten
Bromäther „ 3 „
Aether „ 5 „

in den Fällen B

bei Chloroform sofort.
Bromäther nach 1,5 Minuten.
Aether „ 3 „

Der Ruhezustand währte bei Chloroform bei weitem länger als in entsprechenden Fällen mit Aether und Bromäther.

Der Ruhezustand dauerte in:

	A.	B.	C.	
Chloroform	5	15	22	Minuten
Bromäther	1	2	10,5	„
Aether	2	4	5	„

In der Erholungsdauer haben wir mindergrosse Verschiedenheiten; dieselbe währte bei

	A.	B.	C.	
Chloroform	6	6	7	Minuten
Bromäther	4	6	8	„
Aether	3	4	4,5	„

Die Resultate bei CO_2 und N_2O sind folgende:

	Zeit bis zum Ruhezustand	Ruhepause	Erholungsdauer	
Kohlensäure	1	2,5	2	M.
Stickoxydulgas	3	3	3	„

II. Einwirkung des Cocains, Eucains und Morphiums auf die Protoplasmaströmung bei Elodea canadensis.

Bei der Anstellung vergleichender Versuche über die Wirkung dieser sogenannten lokalen Anästhetica brachte ich

zunächst 1% Lösungen derselben in Anwendung, wobei mir die Blätter der sich hierzu gut eignenden Elodea canadensis als Versuchsmaterial dienten. Die Beobachtungen wurden in der Weise ausgeführt, dass zunächst das zum Versuchsobjekt bestimmte Blatt sorgfältig mit Fliesspapier von aller anhaftenden Feuchtigkeit befreit, auf das Deckgläschen gelegt wurde nnd zwar so, dass es mit seiner ganzen Fläche dem Deckglas anhaftete. Jetzt wurde an einer geeigneten, später wieder leicht aufzufindenden Zelle die Stromgeschwindigkeit des Plasmas festgestellt und schliesslich das Blatt mit einem genügend grossen Tropfen des in Lösung befindlichen Anästheticums befeuchtet.

Nach Bestreichen des Deckglasrandes mit Paraffin wurde das in dieser Weise hergerichtete Versuchsobjekt auf einen hohlgeschliffenen Objektträger gelegt und die Beobachtung sofort vorgenommen.

1% Cocainlösung. Das Protoplasma des Elodeablattes bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von 42 Chlrphk. p. M. Nach Zusatz der Cocainlösung konnte weder eine Beschleunigung noch eine Verzögerung des strömenden Plasmas innerhalb der ersten halben Stunde bemerkt werden. Das Cocain schien sich dem Plasma gegenüber völlig indifferent zu verhalten. Nach Verlauf von 2 Stunden trat jedoch eine Verringerung der Geschwindigkeit ein und passirten nur noch 30 Chlrphk. p. M. das Fadenkreuz. Bei einer nach weiteren 2 Stunden vorgenommenen Beobachtung konnte ich ebenfalls eine Verminderung der Geschwindigkeit um 10 Chlrphk. p. M. konstatieren. Zur Fortsetzung der Untersuchung am folgenden Tage wurde nach Festlegung des Objektes mittels Klammern das Präparat unter dem Mikroscop belassen. Bei der am nächsten Morgen angestellten Beobachtung rotierte das Plasma nicht mehr; es dürfte demnach, die Verminderung der Geschwindigkeit der ersten drei Stunden zu Grunde legend, die Strömung in Ganzen acht Stunden gewährt

haben. Versuche, durch Auswaschen des Präparates mit lauem Wasser die Rotation wieder herzustellen, blieben erfolglos. Ich stellte darauf ein 0,5% Cocainlösung her und setzte dieselbe einem Präparate hinzu, dessen Stromgeschwindigkeit 42 Chlrphk. p. M. betrug. Es machte sich schon nach einigen Minuten eine allerdings geringe Beschleunigung bemerkbar, die sich jedoch nicht weiter vergrösserte, so dass die Geschwindigkeit nach etwa dreistündigem Einwirken der Cocainlösung 48 Chlrphk. p. M. betrug. Eine Beobachtung am nächsten Tage ergab, dass das Protoplasma noch lebhaft strömte, nur war eine geringe Verzögerung der ursprünglichen Geschwindigkeit gegenüber eingetreten.

1% Eucainlösung. In gleicher Weise wie mit Cocain stellte ich auch Versuche mit Eucain, einem in neuerer Zeit von der Firma Schering-Berlin dargestellten Arzneimittel, an. Das Eucain soll als Ersatz des Cocains als lokales Anästheticum dienen und dieses an Wirksamkeit noch übertreffen. Es besitzt die Formel $C_{19}H_{27}NO_4HCl + H_2O$ und ist ein Benzoylmethyltetramethyl-γ-Oxytetrapiperidincarbonsäure-methylester. Die Wirkung dieses Mittels war ähnlich der des Cocains Ein 1% Lösung verhielt sich der Plasmaströmung gegenüber zunächst indifferent; nach ca. 15 Minuten bemerkte ich jedoch, dass die Rotation eine Verzögerung erlitten hatte. Die Geschwindigkeit war bereits von 48 auf 40 Chlrphk. p. M. gesunken. Bei einer weiteren Beobachtung nach 2 Stunden passierten nur noch 32 Chlrphk. p. M. das Fadenkreuz; die Geschwindigkeit hatte sich demnach bereits um ein Drittel verringert. Am folgenden Tage war Stillstand der Plasmaströmung eingetreten und vermochten auch hier angewandte Reizversuche, wie Erwärmen des Präparates, Zusatz der von Kühne empfohlenen KOH-Lösung u. s. w., die Bewegung nicht mehr einzuleiten. Eine 0,5% Eucainlösung erhöhte die ursprüngliche Stromgeschwindigkeit von 40 auf

46 Chlrphk. innerhalb 20 Minuten, womit jedoch das Maximum erreicht war, denn bei einer nach zwei Stunden vorgenommenen Untersuchung floss das Plasma wieder wie zu Anfang. Auch am nächsten Tage zeigte dasselbe noch eine äusserst lebhafte Strömung ohne Verringerung der ursprünglichen Geschwindigkeit.

1% Morfiumlösung. Während Cocain und Eucain in 1% Lösung angewendet innerhalb 10—12 Stunden eine Lähmung des Protoplasmas herbeiführten, konnte ich dies bei Morphium nicht feststellen. Es machte sich zu Anfang der Untersuchung ebenfalls eine geringe Beschleunigung in der Rotation bemerkbar, nämlich von 40 auf 45 Chlrphk. p. M., und war bei der Beobachtung die nach zweistündiger Einwirkung des Anästheticums stattfand, ein Rückgang hierin nicht wahrnehmbar. Auch am folgenden Tage war das Plasma noch lebhaft in Rotation begriffen, wenngleich die Geschwindigkeit um ein Geringes reduziert war.

Unterziehen wir diese Ergebnisse untereinander einem Vergleich, so bieten die einzelnen lokalen Anästhetica ziemlich analoge Verhältnisse. In einem gewissen Verhältnis gelöst, befördern sie die Geschwindigkeit um ein Geringes, ohne nachträglich schädigend zu wirken. Gelangen indess stärkere Lösungen in Anwendung, so tritt unter ganz allmählicher Abnahme der Stromgeschwindigkeit schliesslich Stillstand des Plasmas ein.

Der erste Fall trat bei 0,5% Cocain- und Eucain-, sowie 1% Morf.-Lösung ein, während der zweite Fall bei 1% Cocain- und Eucain- resp. 1,5% Morf.-Lösung beobachtet wurde.

Verhalten tierischen Protoplasmas gegen die Anästhetica.

In der in der Einleitung dieses erwähnten Arbeit Farmer's und Wallers ist bei der Beobachtung über die

Wirkung anästhesierender Stoffe auf tierisches Protoplasma in der Art verfahren worden, dass die Verfasser einen Hüftnerven von Rana temporaria in eine Gaskammer brachten, denselben mit einem reizenden Induktionsapparat sowie einem Galvanometer verbanden und die Grösse des durch ein Anästheticum auf den Nerv ausgeübten Reizes nach der Ablenkung des Galvanometers beurteilten. Diese Beobachtungen haben ergeben, dass sich der Nerv gegen diese Stoffe weniger empfindlich zeigte, als das damit in Vergleich gezogene Protoplasma von Elodea canadensis. Die von mir bezüglich des Verhaltens tierischen Protoplasmas in dieser Hinsicht gemachten Beobachtungen erstrecken sich auf im stehenden Süsswasser lebende Protozoen. Diese bilden der Art und Individuenzahl nach den Hauptteil der mikroskopischen Süsswasserfauna. Sie besitzen den morphologischen Wert einer Zelle und sind als abgegrenzte, selbstständig existirende und sich fortpflanzende Protoplasmapartien zu betrachten.

Es waren vornehmlich die zur Klasse der Infusorien gehörigen Gattungen Balladina, Vorticella, Pleuroticha und Glaucoma, die in dem zur Beobachtung verwendetem Wasser in grösster Anzahl enthalten waren. Sie besitzen protoplasmatische Fortsätze, sog. Geisseln oder Cilien, mit denen sie regelmässige, schwingende Bewegungen ausführen und so ihre Lokomotion bewirken. Zur Ausführung dieser Versuche benützte ich die oben beschriebene Gaskammer, und wurde das Infusorien führende Wasser in möglichst dünner Schicht auf dem Deckglas ausgebreitet, sodass das hindurchgeleitete Anästheticum die Flüssigkeit sofort durchdringen konnte. Die anästhesierende Wirkung machte sich bei den zu den Gattungen Balladina, Pleuroticha und Glaucoma gehörigen Individuen in der Weise bemerkbar, dass ihre lebhafte Ortsbewegung sofort oder allmählich aufgehoben wurde. Es sind Tiere von ovaler oder länglich ovaler Form, die sich vermöge ihrer zahlreichen Wimpern und Geisseln mit grosser

Geschwindigkeit durch das Gesichtsfeld des Mikroscops bewegen. Die zur Gattung Vorticella gehörigen Individuen besitzen einen glockenförmigen Körper mit nach aussen umgeschlagenen Peristomwulst und kontraktiler Vakuole.

Vermöge eines die vielfache Körperlänge erreichenden kontraktilen Stiels befestigen sie sich an untergetauchten Gegenständen. Die Wirkung der anästhesierenden Stoffe machte sich bei diesen Tieren dadurch bemerkbar, dass der für gewöhnlich gerade Stiel zu einer dichten Spirale eingerollt wurde, während der glockenförmige Körper eine fast kugelige Gestalt annahm. Nach Aufhören der Narkose wurden die ursprüngliche Form und Contraktilität regeneriert.

Die Infusorien verhielten sich dem Aether, Bromäther und Chloroform gegenüber bedeutend empfindlicher als das Protoplasma von Vallisneria spiralis. Wurden diese Stoffe rein in Dampfform über das animale Plasma geleitet, so hörte in jedem Falle das Bewegungsvermögen sofort auf und kehrte dasselbe weder nach Hindurchleiten eines Luftstromes noch nach mehrstündigem Aufbewahren der Präparate in der feuchten Kammer zurück. Dasselbe Verhalten beobachtete ich auch bei Bromäther und Chloroform, selbst wenn diese Mittel mit 2 Volumina Luft vermischt in Anwendung kamen. Erst bei Verdünnung dieser Anästhetica mit 4 Teilen Luft war die betäubende Wirkung eine vorübergehende; dieselbe trat nach etwa 15 Sekunden ein und dauerte bei Bromäther 3, bei Chloroform 8–10 Minuten. Gewöhnlicher Aether im Verhältnis 1 : 2 gemischt wirkte auch augenblicklich sistierend, jedoch hatten die Infusorien nach 10 Minuten ihre ursprüngliche Beweglichkeit wieder erlangt. War die Verdünnung des Aetherdampfes eine noch grössere — 1 : 5 — so war zur völligen Narkose des animalen Protoplasmas ein Zeitraum von 20 Sekunden erforderlich und genügte schon ein 3 Minuten lang hindurchgezogener Luftstrom, um dieselbe aufzuheben.

Wesentlich anders trat das Verhalten des animalen Plasmas den Einflüssen der Kohlensäure und des Stickoxydulgases gegenüber in Erscheinung. Während ersteres gegen die Wirkung des Aethers, Bromäthers und Chloroforms bedeutend empfindlicher war, als das pflanzliche Protoplasma, besitzt es eine grössere Widerstandskraft als dieses gegen Kohlensäure und Stickoxydulgas.

Nach dem Einleiten des CO_2 Stromes war in der ersten Minute eine bedeutendere Lebhaftigkeit in der Bewegung der einzelnen Idividuen zu erkennen, die indess bald darauf einer Verringerung derselben Platz machte. Bei einigen Infusorien trat nach 4—5 Minuten vollständiger Ruhezustand ein, während bei anderen Plasmapartieen die Sistierung der Ortsbewegung erst nach 10—15 Minuten erfolgte. Ich beobachtete sogar einige, besonders kräftig entwickelte Infusorien, bei welchen auch nach längerem Hindurchleiten des Kohlensäurestromes keine völlige Erschöpfung eingetreten war. Bei Zufuhr von Luft konnte ich überall schnelle Erholung des tierischen Plasmas erkennen, auch selbst dann, wenn der Kohlensäurestrom $^1/_4$ Stunde lang auf dasselbe eingewirkt. hatte.

Stickoxydulgas steigerte ebenfalls zunächst die lebhafte Bewegung der Infusorien bis zur blitzartigen Geschwindigkeit; jedoch liess dieselbe auch hier bald nach und war nach 6—7 Minuten völlige Bewegungslosigkeit eingetreten. Vor Eintritt dieses Zustandes beobachtete ich, dass ausser der gleitenden Vorwärtsbewegung gleichzeitig ein Rotieren um die eigene Achse stattfand bis schliesslich nur noch eine allmählich langsamer werdende, schleppende Bewegung sichtbar war. Wurde ein Luftstrom nun über das Präparat hinübergezogen, so fand nach 6—7 Minuten bei fast sämmtlichen Individuen ein Erwachen aus der Narkose statt. Dasselbe gab sich zunächst durch schwache Bewegung der den Körper umgebenden Cilien und Wimpern zu erkennen, und ganz allmählich kehrte die

ursprüngliche Lebhaftigkeit in der Vorwärtsbewegung wieder.

Das Stickoxydulgas besitzt indess eine schädlichere Wirkung auf das animale Protoplasma als die Kohlensäure insofern, als es dasselbe nach einer Einwirkungsdauer von 10—12 Minuten abtötet.

Einfluss der Anästhetica auf das Wachstum.

Als eine der hauptsächlichsten Lebensthätigkeiten des Protoplasmas ist das Wachstum zu betrachten.

Wir verstehen unter diesem Begriff nicht nur eine Zunahme an Volumen, sondern es ist darin eine Reihe der verschiedenartigsten Entwickelungen, äusserer und innerer Veränderungen inbegriffen. Eine wichtige Vorbedingung für das Zustandekommen des Wachstums ist der auf den physikalischen Erscheinungen der Diosmose beruhende „Turgor" der Pflanzenzellen. Mit Hülfe dieses kann man sich die Mechanik des Wachstums so erklären, „das in die durch den osmotischen Druck zwischen den einzelnen Molekülen enstehenden Interstitien flüssige Stoffe gepresst werden, welche sich im Momente der Einlagerung festigen und in allem und jedem den auseinandergerückten Molekülen verähnlichen. Auf diese allerdings nur hypothetische Vorstellung, die indess mit den äusserlich wahrnehmbaren Erscheinungen des Wachstums im Einklange steht, wird man schon durch den Umstand hingewiesen, dass nur turgescierende Zellen wachsen, und dass andererseits selbst bei Vorhandensein der nötigen Menge flüssiger Baustoffe die Zellen zu wachsen aufhören, sobald der Turgor in ihnen abnimmt." [1])

Da das Wachstum nun eine echte Lebensäusserung ist, so wird es demnach von allen jenen Umständen, welche als Reize auf das Protoplasma wirken, auch beeinflusst.

---

1) Kerner v. Marilaun, Pflanzenleben Bd. I, p. 478.

In diesem Teile meiner Arbeit habe ich nun Beobachtungen darüber angestellt, inwieweit die Anästhetica einen hemmenden Einfluss auf das Wurzelwachstum auszuüben vermögen und zwar nahm ich als Versuchsobjekte hierzu Keimlinge von Lupinus alb. und Phaseolus multiflor. in Benützung.

Zu diesem Zwecke liess ich zunächst die betreffenden Samen 24 Stunden in Wasser quellen und brachte dieselben dann, um möglichst gerade Würzelchen zu erzielen, in feuchten Sägespähnen zur Keimung. Hatten die Würzelchen eine Länge von ungefähr 15—30 mm erreicht, so wurden die Keimpflänzchen sorgfältig von allem daran haftenden Sägemehl befreit und die Würzelchen in einer bestimmten Entfernung von der Wurzelspitze (etwa 15 mm) mit einer Tuschmarke versehen. In dieser Weise vorbereitete und gekennzeichnete Keimlinge wurden in Kulturgläser gebracht, welche mit Brunnenwasser, das eine bestimmte Menge eines Anästheticums enthielt, angefüllt waren. Jedes Kulturglas war mit einer flachen Korkscheibe verschlossen, die eine runde Oeffnung in der Mitte enthielt, nur gerade gross genug, um die Keimlinge bequem hindurchstecken zu können. Zur Vermeidung von Nutationen der Wurzeln infolge des Lichts wurden die Gläser ausserdem mit schwarzem Glanzpapier umhüllt.

Bei den nun folgenden Versuchen sind die Wirkungen der einzelnen Anästhetica auf das Wurzelwachstum in fünf verschiedenen Stärkegraden beobachtet worden, und wurden die täglich gemachten Zuwachsmessungen immer an drei Exemplaren vorgenommen. Diese Beobachtungen erstreckten sich in jedem Falle auf eine Dauer von 10 Tagen, während welcher Zeit die einzelnen Kulturflüssigkeiten drei- bis viermal erneuert wurden. Die Abstufung des Gehalts an anästhesierenden Stoffen war eine solche, dass jede Lösung die doppelte Menge derselben enthielt wie die folgende. Die

äls Kulturflüssigkeiten in Anwendung gebrachten Lösungen, die also nur aus Brunnenwasser und einem Anästheticum bestanden, hatten folgenden Gehalt:

	Chloroform	Bromäther	Aether.
1)	0,25 : 100	1,0 : 100	2,5 : 100
2)	0,125 : 100	0,5 : 100	1,25 : 100
3)	0,0625 : 100	0,25 : 100	0,625 : 100
4)	0,0312 : 100	0,125 : 100	0,312 : 100
5)	0,0155 : 100	0,0625 : 100	0,156 : 100

Hatten wir im ersten Theile unserer Arbeit die Wahrnehmung gemacht, dass Chloroform am einschneidensten in die strömende Thätigkeit des Protoplasmas eingreift, während Aether bromat. und Aether erst an zweiter resp. dritter Stelle folgen, so können wir analoge Wirkungsverhältnisse dieser Stoffe auch bei dem Wachstum der Wurzeln feststellen. Im Hinblick darauf, wie die Einflüsse der Anästhetica in Erscheinung treten, lassen sich in der Hauptsache drei Zustände dabei unterscheiden. War der Gehalt an Anästheticum ein zu starker, so war auch der Turgor in den Zellen geschwunden, wobei fast jedesmal eine Verkürzung der Wurzel festgestellt werden konnte. Dieselbe wurde schlaff, erhielt ein glasiges Aussehen und da auch das Wasserleitungsvermögen aufhörte, schrumpften die Cotyledonen nach kurzer Zeit zusammen und vertrockneten. Dieses Aufhören des Turgors kann entweder schon nach wenigen Stunden erfolgen oder es tritt erst nach mehreren Tagen ein. Ein Zweiter Fall wäre der, dass die Würzelchen zwar kein oder nur ein ganz minimales Längenwachstum zeigen, indess ihre Steifheit und Elastizität beibehalten. Es lässt sich dieses Verhalten wohl dadurch erklären, dass das betreffende Anästheticum das zarte embryonale Gewebe des Hauptvegetationspunktes an der Spitze der Wurzel seines eigentlichen Vermögens, neue Zellen zu erzeugen, beraubt, während es die übrigen Zellmassen ziemlich intakt lässt.

Auch die innerhalb der Wurzel befindlichen Vegetationspunkte, die Anlagen von Seitenwurzeln, bleiben zunächst von der schädigenden Wirkung unberührt. Dieselben durchbrechen das Rindengewebe wie in normalen Fällen, nehmen jedoch in ihrem weiteren Entwickelungsgange ebenso eine kurze und gedrungene Form an, wie die Hauptwurzel. Gelangen so sämmtliche Anlagen von Seitenwurzeln zur weiteren Ausbildung, während das Längenwachstum der Hauptwurzel aufgehoben ist, so entsteht demgemäss eine Wurzel mit in dichter, acropetaler Reihenfolge stehenden Seitenwurzeln.

Haben wir nur verhältnissmässig schwache Lösungen anästhierender Stoffe in Anwendung gebracht, so tritt der dritte Fall ein. Wir beobachten dann ein wesentliches, wenn auch verringertes Wachstum der Wurzeln, dessen Unterschiede von dem normalen von dem Konzentrationsgrade der Kulturflüssigkeiten abhängig sind.

Stellen wir den die soeben erwähnten drei Fälle bedingenden Gehalt an anästhesierenden Stoffen, welcher bei den einzelnen Pflanzenarten natürlich sehr variiren kann, auf Grund beigegebener Wachstumstabellen[1]) fest, so gelangen wir zu folgenden Resultaten.

Der Tod der Keimpflanze erfolgt

I. bei Lupinus alb. bei einem Gehalt von:

Chloroform	0,125	: 100,0
Aether bromat	0,25	: 100,0
Aether	2,5	: 100,0

II. bei Phaseolus multiflor. bei einem Gehalt von:

Chloroform	0,5	: 100,0
Aether bromat.	0,5	: 100,0
Aether	2,5	: 100,0

1) In diesen bedeuten die in jeder Rubrik links stehenden Zahlen die Länge der Würzelchen von der Tuschmarke ab, die rechts dahinter den täglichen Zuwachs im Durchschnitt.

	Marke bei mm	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.		10. Tag		Durchschnittl. Gesamt-Zuwachs
I. 0,25:100	a. 25	25		25		25		Turgor geschwunden.														
	b. 25	25		25		25																
	c. 25	25		25		25																
II. 0,125:105	a. 25	26		27		27		26														
	b. 25	26	0,6	26	0,6	26		25		Turgor geschwunden												
	c. 25	25		26		26		24														
III. 0,0625:100	a. 25	26		28		28		28		28		28		28		28		27		27		
	b. 25	25	0,6	25	0,6	25		26	0,3	26		26		26		26		27		26		1,5
	c. 25	26		26		26		26		26		26		26		26		26		25		
IV. 0,0312:100	a. 25	27		27		27		27		27		27		27		27		26		26		
	b. 25	27	2,0	27		27		27		27		27		27		27		27		27		2,0
	c. 25	27		27		27		27		27		27		27		26		25		25		
V. 0,0155:100	a. 25	30		34		38		41		44		49		52		55		56		57		
	b. 25	31	4,3	36	3,6	40	3,3	43	2,3	46	2,0	52	4,6	55	2,0	58	3,0	58	0,3	58	0,3	25,7
	c. 25	27		29		31		32		32		35		35		38		38		38		
VI. Brunnenwasser	a. 25	30		38		50		61		71		82		98		111		128		143		
	b. 25	35	7,3	40	6,0	45	8,0	57	9,3	70	0	78	9,3	91	13,3	102	12,6	117	16,0	136	15,3	107,7
	c. 25	32		39		46		51		58		67		78		92		106		120		

Versuch I.

Versuchspflanze: Lupinus alb.

	Marke bei mm	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.		10. Tag		schnittl. Gesamt-Zuwachs
I. 1,0 : 100	a. 15	14		Turgor geschwunden.																		
	b. 15	14																				
	c. 15	14																				
II. 0,50 : 100	a. 15	15		15		14		Turgor geschwunden.														
	b. 15	15		15		14																
	c. 15	15		15		14																
III. 0,25 : 100	a. 15	16		16		15		15		Turgor geschwunden.												
	b. 15	16	1,0	17	0,3	16		15														
	c. 15	16		16		15		15														
IV. 0,125 : 100	a. 15	18		19		19		19		19		19		19		19		19		18		
	b. 15	17	2,3	18	0,6	18		20	0,6	20		20		20		20		19		17		
	c. 15	17		17		17		17		17		17		15	Turgor geschwunden.					—		
V. 0,0625 ; 100	a. 15	22		26		30		37		44		48		49		49		50		50		34,1
	b. 15	22	6,6	26	4,0	30	4,6	36	7,3	42	7,0	45	4,0	45	0,3	45		45	0,3	45		
	c. 15	21		25		31		40		48		53		53		53		53		53		
VI. Brunnenwasser	a. 15	24		38		56		72		87		96		102		107		110		110		79,3
	b. 15	29	11,6	47	16,6	70	15,6	78	11,3	85	9,6	92	6,6	98	4,0	101	3,0	101	1,0	101		
	c. 15	27		45		61		71		78		82		82		83		83		83		

Versuch II.
Versuchspflanze: Lupinus alb.
Anästheticum: Aether bromat.

	Marke bei mm	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.		10. Tag		Durchschnittl. Gesamt-Zuwachs
I 2,5 : 100	a. 15	16		15		Turgor geschwunden.																
	b. 15	15		15																		
	c. 15	15		15																		
II. 1,25 : 100	a. 15	16		17		17		17		17		17		17		17		17		17		
	b. 15	16	1,0	17	1,0	18	0,3	18		18		18		18		18		18		18		2,3
	c. 15	16		17		17		17		17		17		17		17		17		17		
III. 0,625 : 100	a. 15	19		20		20		21		23		23		25		27		28		31		
	b. 15	18	3,6	19	1,0	20	0,6	22	1,3	23	1,3	23		23	1,3	27	2,6	27	0,3	27	1,3	13,3
	c. 15	19		20		21		22		23		23		25		27		27		28		
IV. 0,312 : 100	a. 15	19	4,6	20	1,6	22	2,6	26	6,3	32	8,0	40	8,3	44	5,6	50	8,6	56	6,3	65	8,3	60,2
	b. 15	18		19		22		27		32		38		43		50		57		64		
	c. 15	25		28		31		41		54		65		73		86		92		101		
V. 0,156 , 100	a. 15	27		32		41		48		58		66		73		80		86		90		
	b. 15	25	11,3	29	4,3	34	6,3	43	8,3	55	12,0	64	9,3	72	8,3	86	10,3	94	8,6	105	5,6	84,3
	c. 15	27		31		36		45		59		70		80		90		102		104		
VI. Brunnenwasser	a. 15	25		30		42		55		72		87		98		117		130		140		
	b. 15	30	12,3	36	6,3	45	10,6	61	15,0	81	19,0	100	17,0	113	12,6	130	17,6	144	12,6	157	11,0	134,0
	c. 15	27		35		46		62		82		99		112		129		140		153		

Versuch III.
Versuchspflanze: Lupinus alb.

	Marke beimm	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.		10. Tag		Durchschnittl. Gesamt. Zuwachs
I. 0,5 : 100	a. 25	24		23		23	Turgor geschwunden.															
	b. 25	25		25		24																
	c. 25	24		24		24																
II. 0,25 : 100	a. 25	25		25		25		25		25		25		25		25		25		25		
	b. 25	26	0,3	26	0,3	26	0,3	26		26		26		26		26		26		26		0,9
	c. 25	25		26		27		27		27		27		27		27		27		27		
III. 0,125 : 100	a. 25	25		25		25		25		25		25		25		25		25		25		
	b. 25	26	0,3	27	0,3	27		27	0,6	27		27		27		27		27		27		1,2
	c. 25	25		25		25		27		27		27		27		27		27		27		
IV. 0,0625 : 100	a. 25	25		27		28		30		30		30		30		30		30		30		
	b. 25	26	0,3	28	2,0	29	0,6	29	1,3	29		29		29		29		29		29		4,2
	c. 25	25		27		27		29		29		29		29		29		29		29		
V. 0,312 : 100	a. 25	30		36		42		50		55		65		70		75		81		85		
	b. 25	28	3,3	33	5,3	37	5,3	42	6,0	45	5,3	52	8,0	58	5,6	59	4,0	66	6,0	72	5,0	53,8
	c. 25	27		32		38		43		51		58		64		70		75		80		
VI. Brunnenwasser	a. 25	40		52		64		75		82		86		89		95		100		112		
	b. 25	43	16,0	53	12,3	60	9,6	65	8,0	67	5,3	68	2,6	69	2,3	70	4,6	75	4,3	77	6,3	71,3
	c. 25	45		60		70		78		85		88		91		98		101		106		

Versuch IV.
Versuchspflanze: Phaseolus multiflor.
Anästheticum: Chloroform.

	Marke bei mm	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.		10. Tag		Durchschnittl. Gesamt-Zuwachs
I. 1,0 : 100	a. 15	15		14	Turgor geschwunden																	
	b. 15	15		14																		
	c. 15	15		13																		
II. 0,5 : 100	a. 20	20		20		19	Turgor geschwunden															
	b. 20	20		20		19																
	c. 20	20		19		18																
III. 0,25 : 100	a. 20	21		21		21		21		21		21		21		20	Turgor geschwunden					
	b. 20	22	1,6	22		22		22		22		22		22		22		22		22		1,6
	c. 20	22		22		22		22		22		22		22		22		22		22		
IV. 0,125 : 100	a. 20	23		23		23		24		25		25		25		25		25		25		
	b. 20	24	3,3	25	0,6	25		25	0,3	25	0,3	25		26	0,3	26	0,3	26		26		5,1
	c. 20	23		24		24		24		24		24		24		25		25		25		
V. 0,062 : 100	a. 20	28		37		45		49		58		65		76		85		92		98		
	b. 20	30	9,0	38	8,3	44	7,3	46	3,6	57	8,0	61	5,3	65	5,6	72	6,0	75	3,3	79	3,6	60,0
	c. 20	29		37		45		50		54		61		63		65		65		66		
VI. Brunnenwasser	a. 15	22		37		51		62		72		87		93		96		100		104		
	b. 15	28	11,3	42	13,3	58	14,6	66	10,0	73	9,3	87	11,3	96	5,3	100	3,3	102	2,3	105	3,6	84,3
	c. 20	34		45		59		70		81		86		87		90		91		95		

Versuch V.

Versuchspflanze: Phaseol. multiflor.

	Marke bei mm	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.		10. Tag		Durchschnittl. Gesamt-Zuwachs
I. 2,5 : 100	a. 30	30		29																		
	b. 30	30		28	Turgor geschwunden																	
	c. 30	30		28																		
II. 1,25 : 100	a. 30	31		32		32		32		32		32		32		32		32		32		
	b. 30	31	0,6	32	1.0	32		32		32		32		32		32		32		32		1,6
	c. 30	30		31		31		31		31		31		31		31		31		31		
III. 0,625 : 100	a. 30	33		35		35		36		36		36		36		36		36		36		
	b. 30	34	3,0	36	2,0	37	0,3	37	0,3	38	0,6	38		38		38		39	0,3	39		6,5
	c. 30	32		34		34		34		35		35		35		35		35		35		
IV. 0,312 : 100	a. 30	37		45		49		52		52		54		57		60		60		65		
	b. 30	36	5,6	42	5,6	45	2,3	48	2,0	51	1,6	52	2,6	55	3,0	56	2,3	62	3,0	66	4,0	32,0
	c. 30	34		35		35		35		37		42		45		48		51		54		
V. 0,156 : 100	a. 30	35		42		49		54		58		60		71		80		89		96		
	b. 30	38	7,6	45	8,0	49	4,6	52	4,6	55	3,6	58	3,0	62	6,3	68	8,0	74	8,0	77	5,0	58,7
	c. 30	40		50		58		64		68		72		76		83		92		97		
VI. Brunnenwasser	a. 30	34		40		46		50		52		62		66		70		75		84		
	b. 30	34	5,0	34	5,0	36	5,3	45	7,0	52	4,0	68	13,3	74	5,6	77	5,3	83	5,3	89	6,6	62,4
	c. 30	37		46		54		62		65		79		86		95		100		105		

Versuch VI.
Versuchspflanze: Phaseolus multiflor.
Anästheticum: Aether.

Die äussersten Grenzen, bei welchen die Keimpflanzen sich weiter entwickeln können, ohne dass ein nennenswertes Wurzelwachstum stattfindet, sind bei

Lupinus albus:

Chloroform	0,0625	: 100,0
Aether bromat.	0,125	: 100,0
Aether	1,25	: 100,0

bei Phaseolus multiflor:

Chloroform	0,25	: 100,0
Aetherbromat.	0,25	: 100,0
Aether	1,25	: 100,0

Ein wesentliches Wachstum erfolgte bei Lupinus albus bei einem Gehalt von:

		mit einem durchschn. Gesamtzuwachs in 10 Tagen von:
1) Chloroform	0,0155 : 100,0	= 25,7 mm.
2) Aether bromat.	0,0625 : 100,0	= 34,1 „
3) Aether	0,625 : 100,0	= 13,3 „
„	0,312 : 100,0	= 60,2 „
„	0,155 : 100,0	= 84,3 „

bei Phaseolus multiflor

4) Chloroform	0,0312 : 100,0	= 53,8 „
5) Aether bromat.	0,0625 : 100,0	= 60,0 „
6) Aether	0,312 : 100,0	= 32,0 „
„	0,156 : 100,0	= 58,7 „

Der normale Zuwachs der Kontrolpflanzen betrug im Durchschnitt bei:

1) = 109,7 mm
2) = 79,3 „
3) = 134,0 „
4) = 71,3 „
5) = 84,3 „
6) = 62,4 „

Aus dieser vergleichenden Uebersicht ergibt sich demnach, dass die Keimlinge von Lupinus alb. gegen die Einwirkungen des Chloroforms und Bromäthers bedeutend geringere Widerstandskraft besitzen, als die von Phaseol. multiflor, während hingegen das Verhalten den Einflüssen des Aethers gegenüber bei beiden Pflanzen das gleiche ist.

Vergleichen wir die drei Anästhetica hinsichtlich ihrer Energie miteinander, so zeigt sich, wenn wir die Verhältnisse bei Lupin. alb. in Betracht ziehen, dass dem Chloroform eine doppelt so grosse Wirkung zukommt, wie gleichen Mengen Aether bromat., und dieser wieder den gewöhnlichen Aether um das Zehnfache übertrifft.

Das Maximum des Zuwachses erstreckt sich bei den in stärkeren Lösungen befindlichen Keimlingen ausschliesslich auf die ersten Tage, während sich bei geringeren Mengen anästhesierender Stoffe die Verhältnisse denen der normalen Pflanzen nähern. Bei diesen beobachten wir am ersten Tage schon einen grössen Zuwachs, der gewöhnlich an den darauf folgenden Tagen etwas abnimmt, um am 5. oder 6. Tage sein Maximum zu erreichen und gegen Ende wieder geringer wird. Da das Wachstum auch vorwiegend von der Temperatur abhängig ist, so erklären sich gewisse Abweichungen von dieser Erscheinung in den Tabellen durch die im Winter nur schwer völlig zu umgehenden Temperaturschwankungen in den geheizten Räumen.

Es liegt auf der Hand, dass junge Pflanzen, deren normale Wurzelausbildung durch Einwirkung eines chemischen Stoffes verhindert wird, auch in der Entwickelung ihres oberirdischen Teiles eine Einbusse erleiden müssen. Eine verkümmerte Wurzel bietet dem eindringenden Wasser keine so grosse Fläche dar, wie ein gut ausgebildetes Wurzelsystem, es kann daher in die zu ersterer gehörigen oberirdischen Organe auch nur eine weit geringere Menge Wasser gelangen, wie in normalen Fällen. Demzufolge muss die Turgordehnung in den Zellen des Sprosses und der Blätter eine geringere

sein, und das hiedurch bedingte Längenwachstum sich gleichfalls vermindern.

Welch wesentlicher Unterschied in dem Habitus solcher in Anästhetica haltenden Kulturflüssigkeiten gewachsener Pflanzen besteht, ist aus beigegebener Photographie ersichtlich, welche die Verhältnisse bei vier Wochen alten Lupinen darstellt.

Die hiezu verwendeten Lösungen enthielten die anästhesierenden Stoffe in folgender Menge:

1) Brunnenwasser (als Kontrolversuch)
2) Aether 0,625 : 100,0
3) dto. 0,312 : 100,0
4) Aether brom. 0,0312 : 100,0
5) Chloroform 0,0312 : 100,0
6) dto. 0,0155 : 100,0

Die in Brunnenwasser gewachsenen Lupinen hatten eine Wurzellänge von 16 cm; die Entfernung von dem untersten Teil des Sprosses bis zur äussersten Spitze betrug ungefähr die gleiche Länge. Die Wurzel war elastisch, am oberen Teil mit längeren, nach der Wurzelspitze zu kürzer werdenden Seitenwurzeln besetzt, die im Durchschnitt 3—4 mm von einander entfernt waren. Der Spross war höher und kräftiger, die Blätter grösser und zahlreicher entwickelt, wie bei den anden Kulturen. Die Wurzeln der in einer 0,625 : 100,0 Aether haltenden Flüssigkeit gewachsenen Lupine waren nur 4 cm lang, hatten in dichter Aufeinanderfolge stehende, kurze, verdickte Seitenwurzeln, während der Spross 11 cm mass. Die Retarsion in der Entwickelung des oberirdischen Pflanzenteils machte sich am stärksten bei Anwendung einer Kulturflüssigkeit bemerkbar, welche 0,0312 : 100,0 Bromäther enthielt; hier betrug die Höhe des Sprosses nur 5 cm. Bei Chloroform 0,0312 : 100,0 war diese 9 cm; in soeben genannten beiden Fällen mithin eine Abweichung von 11 resp. 7 cm. von der Normalhöhe. In

Fig. A

Fig. B

schwächeren Lösungen, wie Aether 0,312 : 100,0 und Chloroform 0,155 : 100,0 betrug der Unterschied nur 4—5 cm.

Diesen makroskopisch schon wahrnehmbaren Unterschieden schliesst sich ein weiterer an, den wir bei der mikroskopischen Untersuchung feststellen können.

Fertigen wir einen zarten Querschnitt an, der der mittleren Höhe des Sprosses einer in Brunnenwasser gewachsenen Lupine entnommen ist und behandeln das Präparat mit Phloroglucin und Salzsäure, so erhalten wir ein mikroskopisches Bild, wie es Fig. A. S. 37 wiedergibt. Wir finden nach innen den Gefässteil liegen, daran schliessend das Fascicularcambium, dann den Siebteil und ganz nach aussen einen Ring sklerenchymatischer Zellen, der ähnlich wie die Gefässe im Holzteil rot gefärbt erscheint. Stellen wir in derselben Weise ein Präparat her, welches einer Pflanze entnommen ist, die z. B. in einer Lösung von Aether bromat. 0,0312 : 100,0 gewachsen ist, so finden wir bis auf den Ring sklerenchymatisch verdickter Zellen dieselben Verhältnisse. — Fig. B. S. 37 — Es treten hier nur die Gefässe des Holzteils durch die Farbreaktion hervor, während die übrigen Gewebe farblos bleiben. Das sich an den Siebteil anschliessende parenchymatische Gewebe des Pericycels, welches zuerst englumig ist, wird allmählich nach der Peripherie zu weiter, ohne jedoch durch einen Sklerenchymring abgeschlossen zu werden. Bei in weniger anästhesierende Stoffe enthaltenden Flüssigkeiten gezogenen Lupinen trat dieser Unterschied nicht so deutlich hervor. Wir beobachteten bei solchen Präparaten eine geringe Verdickung der Zellwände und eine schwache Rosafärbung derselben mittels Phloroglucin und Salzsäure, also ein Uebergangsstadium zwischen normalen und abnormalen Verhältnissen.

Die durch Einwirkung der Anästhetica unterbliebene Ausbildung des Stereoms dürfte sich vielleicht in folgender Weise erklären lassen. Es ist bekannt, dass die Festigkeit junger lebhaft wachsender Sprosse, welche durch den Turgor

ihrer einzelnen Zellen bedingt ist, durch die Gewebespannung noch erhöht wird. Wie wir wissen, beruht diese darauf, dass das Mark, falls es aus dem Verbande isoliert wird, länger ist, als der zugehörige Teil des Aussengewebes; es muss sich demnach in dem intakten Sprosse in Folge der Verschiedenheit des Ausdehnungsbestrebens eine gewisse Spannung ergeben, welche die Festigkeit und Elastizität bedeutend erhöht. Die zwischen Mark und Hautgewebe liegende Rindenschicht ist füglich diejenige, welche als Bindeglied dieser beiden Gewebe und damit auch der Spannungsextreme unter einer gewissen Zerrung und Zugwirkung zu leiden hat. Eine solche Gewebespannung, wie wir sie soeben erörtert haben, kann in einem durch ein Anästheticum im Wachstum beeinträchtigten Spross nur in geringem Masse stattfinden, daher kann auch die Zugwirkung auf die zwischen Mark und primärer Rinde liegenden Zellen nur eine minimale sein. Wenn wir die Thatsache in Betracht ziehen, dass die Festigkeit der Zellmembranen durch Zugwirkung erhöht wird, „dass durch Zugkräfte die Ausbildung von Collenchym und Sklerenchym an Orten veranlasst werden kann, wo sie ohne die Zerrung nicht entstanden wären“,[1]) so gelangen wir zu der Annahme, dass die Bildung des Stereoms durch die in Folge der Gewebespannung entstehenden Zugkräfte angeregt wird. Diese hypothetische Vorstellung gewinnt eine Stütze durch das Resultat unseres Versuchs, durch das sich ergab, dass in Sprossen, welche durch Einwirkung der Anästhetica nur ein geringes Längenwachstum zeigten, daher auch nur eine ganz verminderte Gewebespannung besassen, eine Stereomentwickelung nicht stattgefunden hatte. In positivem Sinne ausgesprochen, gelangen wir zu dem Satz, dass die Anästhetica in genügenden Mengen der Kulturflüssigkeit hinzugesetzt, bei den betreffenden Pflanzen die Ausbildung des Sklerenchymrings sekundär verhindern.

1) Strasburger, Lehrbuch der Botanik. S. 205.

Es folgt zum Schluss dieses Teils der Arbeit noch die Ermittelung des Gewichtsverlustes, welchen die einzelnen Pflanzen während ihrer Entwickelungszeit erlitten haben. Die zu den S. 36 erwähnten Kulturen verwendeten Lupinen hatte ich vor ihrer Keimung genau gewogen. Das Trockengewicht der Samen stellte ich mit 92,7 % fest und brachte hiervon noch das Gewicht der bei der Keimung abfallenden Samenschale in Abzug. Die vier Wochen alten Pflanzen wurden dann zunächst an der Luft, und darauf bei einer Temperatur von 110° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Das Ergebnis war folgendes:

Kulturflüssigkeit	Gewicht des Samens	Trockengewicht des Samens	Trockengewicht der Pflanze	Gewichtsverlust %	Gewichtsverlust im Durchschnitt
1) Brunnenwasser A.	0,379	0,298	0,242	18,7	19,7
dto. B.	0,334	0,260	0,206	20,7	
2) Aether 0,625 : 100,0 A.	0,288	0,224	0,157	29,8	28,0
dto. B.	0,270	0,208	0,153	26,3	
3) Aether 0,312 : 100,0 A.	0,327	0,255	0,192	24,7	25,5
dto. B.	0,275	0,212	0,156	26,4	
4) Aether brom. 0,0312 : 100,0 A.	0,275	0,212	0,143	32,5	35,6
dto. B.	0,272	0,209	0,128	38,7	
5) Chloroform 0,0312 : 100,0 A.	0,310	0,240	0,171	28,7	30,4
dto.	0,290	0,224	0,152	32,1	
6) Chloroform 0,0155 : 100,0 A.	0,328	0,255	0,197	22,7	22,9
dto. B.	0,339	0,262	0,201	23,2	

Wie uns ein vergleichender Blick auf die erhaltenen Resultate zeigt, betrug der Gewichtsverlust der in Brunnenwasser gewachsenen Pflanzen rund 20%, während er bei den übrigen Kulturen zwischen 23 bis 35% differierte, demnach ein mehr von 3—15 % an Gewichtsabnahme. Dass wir es mit Pflanzen zu thun haben, welche den während ihrer ersten Entwickelungsperiode durch stärkere Athmung verbrauchten Kohlenstoff des Nährgewebes durch die später beginnende

Assimilation noch nicht ersetzt haben, ersehen wir aus den 20% betragenden Verlust der Kontrolpflanzen. Wenn man nun die Ausbildung der Chlorophyll führenden Organe der Versuchspflanzen S. 36 betrachtet, so könnte man geneigt sein, diesen mehr betragenden Verlust an Trockensubstanz allein auf ein durch weniger gute Entwickelung bedingtes, geringeres Assimilationsvermögen jener zurückzuführen. Der immerhin namhafte Unterschied im Verlust dürfte indess nicht allein in dieser Thatsache seinen Ursprung haben, vielmehr auf Kosten einer erhöhten Athmung gesetzt werden können. Eine durch Anaesthetica in ihrem Wachstum gehemmte Pflanze, die in beständigem Kampfe um ihre Existenz begriffen ist, braucht um somehr Kraftquellen und spezifische Lebensenergie, als eine unter normalen Verhältnissen sich entwickelnde, wenn sie nicht den schädlichen Einflüssen jener Stoffe erliegen soll. Dieser Energiegewinn und Summe an Kräften werden der Pflanze nun durch die Sauerstoffathmung zugeführt, ihrerseits aber wieder durch den Verlust an verbrennlicher, organischer Substanz erkauft. Wir gelangen demnach zu der Auffassung, dass der grössere Gewichtsverlust hauptsächlich durch die vermehrte Athmung bewirkt, und diese wiederum durch das in Folge der Anästhetica entstehende erhöhte Bedürfnis der Pflanzen nach Sauerstoff veranlasst wurde.

Einfluss einer Anästhetica haltenden Atmosphäre auf die Keimung der Samen von Lupinus alb.

In welcher Weise die Keimung von Samen durch eine Aetheratmosphäre beeinflusst werden kann, stellte C. O. Townsend[1]) in folgender Weise fest.

Er richtete zu diesem Zwecke eine Anzahl luftdichter

1) Science, N. S. Vol. VIII. Nr. 202.

Gaskammern her, die einen Liter Rauminhalt besässen. Nachdem die betreffenden Samen 24 Stunden lang in Wasser gequollen waren, wurden sie in die Gaskammern gebracht, welche Aether in verschiedener Menge in 100 ccm. Wasser gelöst enthielten. Eine Kammer wurde zum Vergleiche ohne Aether gelassen. Es wurde dabei gefunden, dass 1 ccm Aether den Keimungsprocess beschleunigt, indess wurde das darauf folgende Wachstum der Keimlinge durch die Aetherwirkung etwas verzögert. In den Kammern, die $2^1/_2$ und 5 ccm Aether enthielten, wurde die Keimung bedeutend verzögert. In einer 10 ccm Aether enthaltenden Atmosphäre fand eine Keimung überhaupt nicht statt; wurden die Samen nach einem Zeitraume von 8—10 Tagen an die Luft gebracht, so keimten sie wie unter normalen Verhältnissen. Blieben die Samen aber länger wie zwei Wochen in dieser starken Atmosphäre, so schienen sie ihre Keimfähigkeit zu verlieren.

In ähnlicher Weise verfuhr auch ich bei meinen Versuchen, die sich auf Aether Bromäther und Chloroform erstrecken, wobei mir Samen von Lupinus alb. als Versuchsmaterial dienten. Ich benutzte für meine Versuche luftdicht schliessende Glasglocken von 3 L Inhalt. Auf den Boden der Kammern stellte ich ein weites, oben offenes Gefäss zur Aufnahme des in Wasser gelösten Anästheticums. Darüber befestigte ich in einer Höhe von ca. 15 cm eine flache Schale welche mit einer dicken Lage feuchten Fliesspapiers ausgelegt, den keimenden Samen als Unterlage diente. Sobald das in Wasser gelöste Anästheticum in das untere Gefäss gegossen war, nachdem schon vorher die obere Schale mit fünf Lupinensamen belegt worden, wurde die Glasglocke darüber gestülpt, und diese ausserdem mit einem Dunkelkasten bedeckt. Bei den täglich vorgenommenen Beobachtungen wurde einmal der Eintritt der Keimung, die Länge der Würzelchen und das Aufhören des Wachstums derselben festgestellt. Trat letzterer Fall ein, so wurden

die Keimpflänzchen aus der Atmosphäre des Anästheticums herausgenommen und beobachtet, ob unter normalen Verhältnissen das Wachstum wieder eintrat.

I. Versuch. Chloroform.

Kammer I enthielt 150 gr. 1% Chloroflsg. = 1,5 gr. Chlrof.
„ II „ „ 0,5 „ = 0,75 „ „
„ III „ „ 0,4 „ = 0,6 „ „
„ IV „ „ 0,2 „ = 0,3 „ „
„ V ohne Chloroform.

1. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling.
„	II	„	„
„	III	1	„
„	IV	1	„
„	V	4	„

2. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling.	Durchschnittl. Länge.
„	II	3	„	1,5 mm
„	III	5	„	2,5 „
„	IV	4	„	4,0 „
„	V	5	„	10 „

3. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling.	
„	II	5	„	3,5 „
„	III	5	„	4,5 „
„	IV	5	„	6,0 „
„	V	5	„	25 „

4. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling.	
„	II	5	„	3,5 „
„	III	5	„	4,5 „
„	IV	5	„	6,5 „
„	V	5	„	35 „

Aus sämtlichen Kammern wurde das Anästheticum entfernt.

5. Tag. Durchschnittl. Länge.

Kammer I Kein Keimling.

„ II 5 „ 3,5 mm } kein
„ III 5 „ 4,5 „ } Zuwachs
„ IV 5 „ 15 mm lang.
„ V 5 „ 45 „ „

6. und folgende Tage.

Bei I, II, und III keine Keimung resp. Längenwachstum zu beobachten; bei IV und V findet noch weiteres Wachstum statt.

II. Versuch. Aether bromat.

Kammer I enthielt 150 gr. 2% Bromätherlösg. = 3 gr. Brom.
„ II „ „ 1 „ „ = 1,5 „ „
„ III „ „ 0,8 „ „ = 1,2 „ „
„ IV „ „ 0,4 „ „ = 0,6 „ „
„ V ohne Bromäther.

1. Tag. Durchschnittl. Länge.

Kammer I Kein Keimling.

„ II 1 „ 1,0 mm
„ III 1 „ 1,0 „
„ IV 3 „ 1,0 „
„ V 4 „ 1,0 „

2. Tag.

Kammer I Kein „
„ II 3 „ 2,0 „
„ III 3 „ 3,0 „
„ IV 5 „ 6,0 „
„ V 5 „ 6,0 „

3. Tag.

Kammer I Kein „
„ II „ 4 5,0 „
„ III 5 „ 6,0 „
„ IV 5 „ 11,0 „
„ V 5 „ 12,0 „

4. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling.	Durchschnittl. Länge.
„	II	5	„	6,0 mm
„	III	5	„	7,0 „
„	IV	5	„	14,0 „
„	V	5	„	21,0 „

5. Tag.

Kammer	I	Kein	„	
„	II	5	„	6,0 „
„	III	5	„	7,0 „
„	IV	5	„	16,0 „
„	V	5	„	29,0 „

Aus sämtlichen Kammern wurde das Anästheticum entfernt.

6 und folgende Tage. Bei I keine Keimung, sowie bei II und III kein Wachstum zu bebachten; bei IV und V fortschreitendes Wachstum zu beobachten,

III. Versuch. Aether.

Kammer	I	enthielt	150 gr	7%	Aetherlsg.	= 10,5 gr	Aether.
„	II	„	„	3,5	„	= 5,25 „	„
„	III	„	„	1,75	„	= 2,6 „	„
„	IV	„	„	0,825	„	= 1,3 „	„
„	V	ohne Anästheticum.					

1. Tag.

Kammer	I	Keine	Keimung.	Durchschnittl. Länge.
„	II	„	„	
„	III	„	„	
„	IV	„	„	
„	V	2 Keimlinge.		1 mm

2. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling	
„	II	„	„	
„	III	3 Keimlinge.		1 „
„	IV	4	„	3 „
„	V	5	„	5 „

3. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling.	Durchschnittl. Länge.
„	II	4	„	1 mm
„	III	5	„	3 „
„	IV	4	„	5 „
„	V	5	„	10 „

4. Tag.

Kammer	I	Kein	„	
„	II	5	„	3,5 „
„	III	5	„	5,0 „
„	IV	4	„	11 „
„	V	5	„	28 „

5. Tag.

Kammer	I	Kein	„	
„	II	5	„	7 „
„	III	5	„	9 „
„	IV	4	„	14 „
„	V	5	„	35 „

6. Tag.

Kammer	I	Kein	„	
„	II	5	„	10 „
„	III	5	„	14 „
„	IV	4	„	22 „
„	V	5	„	46 „

7. Tag.

Kammer I 3 „ à 1,0 „

„ II bis V fortschreitendes Wachstum.

8. Tag.

Kammer I 5 Keimlinge á 2 mm.

„ II bis V fortschreitendes Wachstum.

9. Tag.

Kammer I 5 Keimlinge à 2 mm.

„ II bis V fortschreitendes Wachstum.

Das Anästheticum wurde aus sämmtlichen Kammern entfernt. Es fand darauf an den folgenden Tagen auch in Kammer I Zuwachs der Würzelchen statt.

Wie aus diesen Zusammenstellungen hervorgeht, hebt eine Anästhetica haltende Atmosphäre in gewisser Stärke die Keimfähigkeit der Samen auf, oder sie verzögert den Eintritt der Keimung sowie das spätere Längenwachstum der Würzelchen. Eine Menge von 1,5 gr Chloroform resp. 3 gr Bromäther in einem Raume von 3000 ccm Inhalt verdunstet wirken dauernd schädlich auf die Samen ein, so dass dieselben auch nach Entfernung aus dieser Atmosphäre nicht mehr zur Keimung kamen. 7,5 gr Aether verzögerten den Eintritt derselben bis zum siebenten Tage und verhinderten dann das weitere Längenwachstum der 2 mm langen Keimlinge, solange sich dieselben in den Aetherdämpfen befanden. Von einer schädlichen Nachwirkung konnte in diesem Falle nichts beobachtet werden.

Wie C. O. Townsend in seinen Versuchen festgestellt hat, vermag erst eine Menge von 30 ccm Aether in 3000 ccm verdunstet die Keimung zu verhindern und zwar auch nur so lange wie die Samen dieser Atmosphäre ausgesetzt waren, falls dieses nicht länger währte, als 8 bis 10 Tage. Bei längerem Verbleiben in derselben ging auch hier die Lebensfähigkeit der Samen verloren. Bei Mengen von 0,6 bis 0,75 gr Chloroform resp. 1,2 und 1,5 gr Bromäther wurde die Keimung um ein bis zwei Tage verzögert und war das Wachstum der Würzelchen die nur eine Länge von 4 bis 6 mm erreicht hätten, am 4. Tage des Versuchs dauernd aufgehoben. Eine Atmosphäre, die nur 0,3 gr Chloroform resp. 0,6 gr Bromäther enthielt, hatte auf den rechtzeitigen Eintritt der Keimung keinen wesentlich hemmenden Einfluss, und erlitt das Wachstum der Keimlinge wenn auch eine Verzögerung, so doch keinen Stillstand Bei Aether 7,5 gr trat wie schon erwähnt, die Keimung am 7. Tage ein, bei geringeren Mengen am zweiten resp. dritten

Tage. Es konnte hier mit Ausnahme der 7,5 gr Aether haltenden Gaskammer in allen übrigen ein beständiges Wachstum der Keimlinge beobachtet werden. Eine Beschleunigung des Eintritts der Keimung, wie sie von C. O. Townsend bei seinen Versuchen in einer 1 ccm Aether auf 1000 ccm enthaltenden Atmosphäre festgestellt wurde, fand bei Lupinus alb. nicht statt.

Um mit Stickoxydulgas analoge Versuche anzustellen, richtete ich mir die Apparate hierzu in folgender Weise her. Ich verwendete unten abgeschliffene, auf eine Glasplatte luftdicht aufsetzbare Glasglocken, die oben eine Oeffnung besassen und verband dieselben mit Kolben, deren Inhalt zu dem der Glasglocke in einem bestimmten Verhältnisse stand. In das Innere der Glasglocken wurden Schalen mit Wasser gestellt, über welche mit Fliesspapier bedeckte Glasplatten in der Weise gelegt waren, dass dieses noch das Wasser berührte, und daher beständig feucht erhalten wurde. Auf die Platten wurden die vorher gequollenen Samen gelegt Die von den Glasglocken abnehmbaren Kolben wurden nun mit Stickoxydulgas gefüllt und alsdann wieder mit denselben in Verbindung gebracht. Das Verhältniss des Stickoxydulgases zur atmosphärischen Luft in den Kammern war folgendes:

Kammer I { 1 Teil N_2O. / 1 „ Luft.
Kammer II { 2 Teile N_2O. / 1 Teil Luft.
Kammer III { 3 Teile N_2O. / 1 Teil Luft.
Kammer IV Reine atmosphärische Luft.

1. Tag.

Kammer	I	Kein	Keimling.	
„	II	4	„	1 mm lang.
„	III	4	„	1 „ „
„	IV	5	„	1 „ „

2. Tag.

			Durchschnittl. Länge.
Kammer	I	4 Keimlinge.	1,5 mm
„	II	5 „	3,0 „
„	III	5 „	5,0 „
„	IV	5 „	9 „

3. Tag.

Kammer	I	4 „	10 „
„	II	5 „	14 „
„	III	5 „	15 „
„	IV	5 „	22 „

4. Tag.

Kammer	I	4 „	13 „
„	II	5 „	22 „
„	III	5 „	22 „
„	IV	5 „	32 „

Gleiche Teile N_2O und Luft gemischt verzögerten den Eintritt der Keimung um 24 Stunden, während schwächere Verdünnungen darauf keinen Einfluss ausübten. Bei dem weiterem Wachstum der Würzelchen, welches hier in keinem Falle sistiert wurde, wirkten indess auch die schwächeren Gasmischungen verzögernd, wenn auch in weit geringerem Grade, als es bei Chloroform, Bromäther und Aether der Fall war.

Einwirkung der Anästhetica auf die Sporenkeimung von Penicillium glauc.

Zur Beobachtung, inwieweit die Keimung von Sporen beeinträchtigt wird, zog ich die bei den vorigen mit Chloroform etc. verwendeten Gaskammern in Gebrauch. Als Nährsubstrat für die Sporen benutzte ich ein in folgender Weise hergestelltes Pflaumendekoct. Es wurden 100 gr gut getrocknete Backpflaumen, nachdem sie vorher entkernt waren, in einem Liter Wasser 24 Stunden lang aufgeweicht und bis zum Kochen erhitzt. Darauf wurde die Abkochung mehrere

Stunden lang zum Absetzen beiseite gesetzt und alsdann filtriert. In dem Filtrat wurden 10% Gelatine und 2% Traubenzucker durch Erwärmen zur Lösung gebracht, diese im Heisswassertrichter filtriert und während dreier Tage je zehn Minuten lang durch Stehenlassen im Dampftopfe sterilisiert. Das fertige Dekoct wurde dann in ebenfalls sterilisierte Petrische Schalen gegossen und mit Sporen von Penicill. glauc. geimpft. Die Schalen wurden offen in die Gaskammer gesetzt, so dass die in denselben enthaltenen Dämpfe direkt auf die Sporen wirken konnten. Der Gehalt der Kammern an anästhesierenden Stoffen war derselbe, wie bei den früheren Versuchen. Die Beobachtungen wurden solange fortgesetzt, bis in der Kontrolkultur die ganze Fläche des Nährsubstrates mit Pilzmycel bedeckt war, und mit dieser der Zustand der anderen Kulturen verglichen. Es sei der Uebersichtlichkeit wegen der Gehalt der Kammern an anästhesierenden Stoffen den nachfolgenden Versuchen noch einmal kurz vorangestellt.

Chloroform.

Kammer enthielt	I.	II.	III.	IV.	V.
Chloroform	1,5	0,75	0,6	0,3 gr	Luft.

1. Tag. Keine Keimung.

2. Tag. In allen Kammern mit Ausnahme von I, haben die Sporen gleichmässig zur Keimung angesetzt.

3. Tag. In Kammer I keine Keimung in II, III und IV ist der Pilz annähernd gleichmässig entwickelt, indess bei weitem schwächer als wie in V. In II bedeckt der Pilz wie ein feiner, weisser Staub das Nährsubstrat, in III und IV haben sich schon stecknadelkopfgrosse Kolonien gebildet, die ebenfalls eine weisse Färbung haben, während in V der Pilz schon in dichtem Wachstum einen Teil des Nährbodens überzogen hat und eine bläulich grüne Farbe besitzt.

4. Tag. Kammer I keine Keimung. In Kammer II bildet die Kultur einen über eine etwas grössere Fläche wie Tags

zuvor verbreiteten staubförmigen Belag, während in Kammer III und IV die einzelnen Kolonien sich vergrössert haben und zahlreiche neue gebildet sind. In V ist fast die ganze Fläche mit einem bläulich grünen Filz bedeckt.

5. Tag. Kammer I keine Keimung. In Kammer II haben sich schon kleine Kolonien gebildet, wie auch in III und IV das Mycel sich auf dem Nährboden weiter ausgebreitet hat. Die Färbung ist vorwiegend weiss, jedoch stellenweise schon grünlich-grau. In V ist die ganze Fläche mit einem bläulich-grünen Mycel überzogen. Da in Kammer I bisher eine Keimung der Sporen nicht stattgefunden hatte, wurde das Chloroform aus derselben entfernt, worauf nach zwei Tagen die Keimung begann und sich das Mycel in normaler Weise entwickelte

Bromäther,

Kammer enthält	I.	II.	III.	IV.	V.
Bromäther	3,0	1,5	1,2	0,6	Luft.

1. Tag. Keine Keimung.

2. Tag. Nur in der mit Luft gefüllten Kammer V haben sich stecknadelknopfgrosse Pilzkolonien gebildet.

3. Tag. In den Kammern I, II und III hat noch keine Keimung stattgefunden; in IV haben sich kleine Kolonien von etwa 1 mm Durchmesser gebildet, während in V das Mycel in verschieden grossen, teils weisslich, teils in bläulich-grün gefärbten Gruppen über die ganze Fläche verbreitet ist.

4. Tag. Kammer I und II keine Keimung. Kammer III zeigt eine beginnende Entwickelung der Sporen. In IV haben die einzelnen Kolonien an Grösse und Verbreitung zugenommen und in V bedeckt das Mycel schon den grössten Teil des Nährbodens.

5. Tag. Kammer I zeigt keine Entwickelung, während in II nunmehr ebenfalls das Keimungsstadium begonnen hat. In III und IV schreitet das Wachstum weiter und in V ist

die ganze Fläche des Nährsubstrates mit einem dichten grünlichen Filz bedeckt. Nach Entfernung des Anästheticums aus Kammer I beginnt auch hier die Keimung der Sporen in normaler Weise.

Aether.

Kammer enthält	I.	II.	III.	IV.	V.
Ather	10,5	5,25	2,62	1,23 gr	Luft.

1. Tag. Keine Keimung.

2. Tag. Kammer I und II zeigen keine Keimung, dagegen hat dieselbe in III und IV begonnen. In V haben sich einige weiss aussehende Kolonien von ca. 8 mm Durchmesser gebildet.

3. Tag. Kammer I und II zeigen keine Keimung, in III bildet das Mycel einen weissen, staubförmigen Belag desgl. auch in IV, in welcher derselbe schon etwas dichter und kräftiger ist, aber ebenfalls wie in III noch eine weisse Farbe besitzt. In Kammer V ist der Pilz in zahlreichen grösseren und kleineren, bläulich-grünen Kolonien über die ganze Fläche verbreitet.

4. Tag. Kammer I zeigt keine Keimung. In II haben die Sporen inzwischen zur Entwickelung angesetzt und hat sich in III und IV das Mycel über ein Drittel des Nährbodens ausgebreitet. Der am Tage vorher noch weisse Belag hat jetzt eine bläulich-grüne Färbung bekommen. In V ist der Pilz bedeutend dichter entwickelt und besitzt auch eine dunklere Schattierung wie in den Kammern III und IV.

5. Tag. In Kammer I sind die Sporen in das Keimungsstadium eingetreten, wie auch in den übrigen Kammern je nachdem sich abstufenden Gehalt an Aether ein weiteres Wachstum des Mycels stattgefunden hat. In Kammer V ist die ganze Fläche des Nährbodens mit einem dichten, bläulich-grünem Ueberzug bedeckt.

Wie aus diesen Beobachtungen hervorgeht, verhalten sich die Sporen von Penicillium glauc. gegen die Anästhetica äusserst widerstandsfähig. Wenn auch bei Chloroform und und Bromäther in den Kammern I die Keimung solange verhindert wurde, wie sich die Sporen in denselben befanden, so fand dieselbe doch nach Entfernung dieser Stoffe alsbald statt. Im Gegensatz hierzu hatten die Samen von Lupinus alb. in analogen Fällen ihre Lebensfähigkeit eingebüsst. Auch in gewissen schwächeren Atmosphären, wo wohl noch eine Keimung des Samens erfolgte, wurde das spätere Wachstum des jungen Keimlings indess nach wenigen Tagen aufgehoben. Bei Penicillium konnte ein solcher Fall niemals beobachtet werden. Sobald die Sporen in den Zustand der Keimung getreten waren, verbreitete sich der Pilz mit jedem Tage mehr über das Substrat, wenn auch bedeutend langsamer, als bei den Kontrolversuchen. Diese bei weitem grössere Widerstandsfähigkeit der Sporen bestätigen auch die Versuche C. O. Townsend's, welcher fand, dass in einer Atmosphäre von 10 ccm Aether in 1000 ccm die Sporen noch nach 10 Tagen auszukeimen vermochten, ohne aus derselben entfernt zu werden.

Die wichtigsten Punkte obiger Ergebnisse noch einmal in Kürze zusammengestellt, wären demnach folgende:

Die Keimung der Sporen unterblieb, solange sie sich in einer Atmosphäre befanden von:

Chloroform 1.5 gr
oder Bromäther 3,0 „

Der Eintritt der Keimung wurde verzögert durch:

Chloroform		nicht.	
Bromäther	0,6 gr	um 1	Tag.
„	1,2 „	„ 2	Tage,
„	1,5 „	„ 3	„
Aether	5,25 „	„ 2	„
„	10,5 „	„ 3	„

Die Keimung trat rechtzeitig ein bei:

Chloroform	0,75 gr.
„	0,6 „
„	0,3 „
Aether	2,62 „
„	1,23 „

Einwirkung der Anästhetica auf die Chlorophyllbidung.

Die Chlorophyllkörper oder Chloroplasten bilden neben dem Protoplasma und den Zellkernen das eingentliche Aktive in der organischen Einheit der Zellen.[1]) Sie sind es, in denen die assimilierende Thätigkeit der Pflanze sich erledigt, d. h. aus den den grünen Zellen zuströmenden Rohstoffen organische Substanz erzeugt wird. Die Chlorophyllkörper selbst bestehen aus einer protoplasmatischen Grundsubstanz von der Struktur eines Schwammes, in dessen zahlreichen Höhlungen der eigentliche grüne Farbstoff mit einer wachsartigen Substanz verknetet eingelagert ist. Die Bildung dieses grünen Farbstoffs, ohne welche die plasmatische Grundsubstanz der Chlorophyllkörper nicht im Stande ist, zu assimilieren, ist abhängig von der Gegenwart des Eisens, der Wärme und wenige Fälle ausgenommen, von der Einwirkung des Lichts; fehlt eine dieser Bedingungen, so bleiben die Pflanzen gelb, sie etiolieren. Da die Chlorophyllkörper dem lebenden Protoplasma eingebettet liegen, und ihre Grundsubstanz selbst eine dem Plasma ähnliche ist, so liegt es nahe, dass Stoffe, welche auf letzteres gewisse Reize ausüben, auch auf die Chlorophyllbildung von Einfluss sein müssen. Dass dies bei anästhesierenden Stoffen in der That der Fall ist, haben die Versuche von Teodorescu und

---

1) Reess, Lehrbuch der Botanik.

Coupin[1]) erwiesen. Die beiden Verfasser benutzten zu diesen Beobachtungen Pflanzen, die seit ihrer Keimung im Dunkeln gestanden hatten und etioliert waren. Solche in Töpfchen gezogene Pflanzen wurden unter völlig luftdicht schliessende Glasglocken von 10 L. Rauminhalt gestellt, in welchen sich eine bestimmte Menge eines Anästheticums in Dampform befand. Unter derartigen Glocken wurden die Pflanzen mehrere Stunden dem zerstreuten Tageslicht ausgesetzt, des Nachts aus den Glocken herausgenommen und am nächsten Tage nach Neufüllung derselben mit dem betreffenden Anästheticum wieder darunter gebracht. Der Zustand der Ergrünung solcher Pffanzen wurde dann mit dem von Kontrolpflanzen verglichen, welche unter Glocken ohne Anästhetica gestanden hatten. Durch geeignete Mengen solcher Stoffe kann, wie die Verfasser festgestellt haben, die Chlorophyllbildung völlig verhindert oder bei schwächeren Dosen verzögert werden. Die Versuche wurden ausgeführt mit der gemeinen Wicke, Weizen, Lupine und Buchweizen und waren die verwendeten Anästhetica Chloroform und Aether.

Ich habe nun in dem letzten Teile meiner Arbeit diesen Versuchen von Teodorescu und Coupin weitere hinzugefügt, indem ich als Pflanzen Zea Mays, Hordeum vulgare und Lupin. lut. verwendete nnd meine Beobachtungen ausserdem auf die Wirkung des Bromäthers ausdehnte. Meine Versuche mit Stickoxydulgas hatten einen negativen Erfolg. Ich verwendete dieses Gas sowohl mit dem halben, wie auch mit dem gleichen Volumen Luft gemischt und fand, dass das Ergrünen der Pflanzen in diesen Atmosphären eben so schnell erfolgte, wie bei den Kontrolpflanzen in gewöhnlicher Luft.

Die nachfolgenden Versuche sind in luftdichtschliessenden Glascylindern von 5 L Rauminhalt ausgeführt worden und beziehen sich demnach die angegebenen Mengen der Anästhetica sämtlich auf dieses Volumen.

1) Comptes rendus. 1898, T. CXXVII p. 884.

Namen der Pflanze	Anästheticum	Menge des Anästheticums	Dauer der Einwirkung n. Stunden	Zustand der anästhesierten Pflanze	Zustand der nicht anästhesierten Pflanze.
Zea Mays	Chloroform	0,25	7	hellgrün	hellgrün
„	„	0,25	15	grün	grün
„	„	0,4	6	gelb	hellgrün
„	„	0,4	13	desgl.	völlig grün
„	„	1,0	4	Pflanze tot	schwach grünlich
„	Bromäther	0,5	8	schwach grünlich	hellgrün
„	„	0,5	16	fast völlig ergrünt	völlig grün
„	„	1,0	15	noch völlig gelb	desgl.
„	„	1,5	5	Pflanze tot	hellgrünlich
„	Aether	2,0	7	leichtes Ergrünen	hellgrün
„	„	2,0	13	grün	grün
„	„	3,5	8	gelb	hellgrün
„	„	3,5	17	noch völlig gelb	völlig ergrünt
Hordeumvulg	Chloroform	0,4	8	gelb	hellgrün
„	„	0,4	15	gelb	völlig ergrünt
„	„	0,8	3	Pflanze tot	Beginn des Ergrünen
„	Bromäther	0,5	7	schwaches Ergrünen	hellgrün
„	„	0,5	15	fast völlig ergrünt	völlig grün
„	„	0,8	8	gelb	hellgrün
„	„	0,8	22	gelb	dunkelgrün
„	Aether	2,0	8	leichtes Ergrünen	hellgrün
„	„	2,0	17	hellgrün	dunkelgrün
„	„	3,5	18	gelb	desgl.
Lupin. lut.	Chloroform	0,25	8	leichtes Ergrünen der Cotyledonen	grün
„	„	0,5	8	gelb	grün
„	„	1,0	3	Pflanze tot	Beginn des Ergrünen der Cotyledonen
„	Bromäther	1,5	4	desgl.	desgl.
„	„	0,5	8	hellgrün	grün
„	„	1,0	15	gelb	völlig grün
„	Aether	2,0	8	hellgrün	grün
„	„	3,0	15	gelb	völlig ergrünt
„	„	4,0	8	Pflanze tot	grün

Wie aus diesen Versuchen hervorgeht, sind die Mengen der einzelnen Anätshetica, welche nötig sind, eine Chlorophyllbildung zu verhindern, sehr verschieden. Bei den hier in Beobachtung genommenen Pflanzen, die je nach ihrer Art wiederum ein etwas abweichendes Verhalten untereinander zeigen, liegen die Grenzen, um ein Ergrünen nicht eintreten zu lassen,

bei Chloroform zwischen 0,4 und 0,5 ccm.
Bromäther „ 0,8 „ 1,0 „
Aether „ 3,0 „ 3,5 „

Bei Anwendung dieser Mengen findet in allen Fällen nach Herausnahme aus der Anästhetica haltenden Atmosphäre ein Ergrünen der Pflanzen statt. Enthielt die Atmosphäre grössere Quanten solcher Stoffe, wie

Chloroform 0,8—1,0 ccm
Bromäther 1,5 „
Aether 4,0 „

so verloren die Pflanzen nach wenigen Stunden ihre Turgescenz und gingen zu Grunde. Bei geringeren Mengen, wie z. B.

Chloroform 0,25 ccm
Bromäther 0,5 „
Aether 2,0 „

wurde die Chlorophyllbildung entsprechend verzögert und trat der Zustand des völligen Ergrüntseins gewöhnlich 6—8 Stunden später ein, als bei den Kontrolpflanzen.

Die von mir erhaltenen Resultate, die ja insofern nicht mit denen Teodorescus und Coupins verglichen werden können, als ich mit anderem Versuchsmaterial gearbeitet habe, zeigen im Wesentlichen ganz ähnliche Verhältnisse. Bei Lupinus, wo ich eine Wiederholung des Versuchs der genannten beiden Verfasser angestellt habe, um denselben auch auf Bromäther auszudehnen, stimmen die Resultate fast ganz überein. Sie bilden eine Bestätigung der von Teodorescu und Coupin ermittelten Thatsache, dass es

in jedem Falle eine gewisse Menge eines Anästheticums giebt, mit der das Maximum der Wirkung ohne Tötung der Pflanze erreicht wird, dass ferner bei grösseren Mengen die Pflanze abstirbt, bei geringeren die Chlorophyllbildung stufenweise vermindert wird.

Schlussbetrachtung.

So mannigfach auch die Art und Weise sein mag, in der sich die Wirkung der Anästhetica anf den Organismus zu erkennen giebt, sei es nun in einer Verzögerung der Keimung oder des Wachstums, in einer Behinderung der normalen äusseren und inneren Ausbildung der Pflanzenteile oder in einer Einstellung der Lebensthätigkeit des einzelnen Individuums überhaupt, so sind all diese Erscheinungsformen doch nur als sekundäre Folgen des durch die Anästhetica an der vollen Entfaltung seiner lebendigen Kraft behinderten Protoplasmas zu betrachten. Erleidet dieses in seiner chemischen und physikalischen Struktur durch äussere Einflüsse eine dauernde Schädigung, so ist damit auch ein Aufhören jeglicher Lebenserscheinung verbunden. Sind die in die Thätigkeit des Protoplasmas hemmend eingreifenden Faktoren nur vorübergehende, so wird der normale Entwickelungsgang der betreffenden Pflanze in der Regel nur so lange unterbrochen, oder verzögert, wie sich jene geltend machen.

Vorliegende Arbeit wurde im botanischen Institut der Kgl. Bayer. Friedrich-Alexanders-Universität unter Leitung des Herrn Professor Dr. Reess ausgeführt.

Es sei mir daher gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Reess für die liebenswürdige Unterstützung, die er mir jederzeit angedeihen liess, desgleichen auch Herrn Dr. O. Seiter für die freundlichst erteilten Ratschläge meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Carl Gustav Bernhard Kauffmann, wurde am 28. Juni 1866 als zweiter Sohn des Kaufmanns Bernhard Kauffmann und seiner Ehefrau Bertha, geb. Trempel zu Soldin in d. Neumark geboren und im evangel. reformierten Glauben erzogen. Im Jahre 1869 verlegten meine Eltern ihren Wohnsitz nach Stolp i. Pommern, wo ich von meinem 9. Lebensjahr ab das Realprogymnasium besuchte, welches ich am 1. April 1884 mit der Berechtigung zum einjähr. freiw. Dienst verliess. Darauf widmete ich mich dem Apothekerberuf, absolvierte die dreijährige Lehrzeit in Colberg, und bezog, nachdem ich in den Städten Neubrandenburg, Remscheid, und Stolp i. Pommern als Apothekergehilfe konditioniert hatte, im April 1890 die Universität München. Daselbst bestand ich im Dezember 1891 die pharmazeutische Staatsprüfung und genügte alsdann vom 1. Februar 1892 bis 31. Januar 1893 meiner Militärpflicht als einj. freiw. Militärapotheker im Kgl. Garnisonlazareth Neisse. Nach dieser Zeit war ich wiederum in Apotheken der Städte Stettin, Zwickau, Berlin und Neubrandenburg als Gehilfe thätig. Zwecks naturwissenschaftlicher Studien seit April 1898 an der Kgl. Universität Erlangen immatrikuliert, promovierte ich hier am 28. Juni 1899 zum Doktor der Philosophie.